

HISTOIRE

PHYSIQUE, NATURELLE ET POLITIQUE

DE

MADAGASCAR

HISTOIRE

PHYSIQUE, NATURELLE ET POLITIQUE

DE

MADAGASCAR

PUBLIÉE

PAR A. ET G. GRANDIDIER

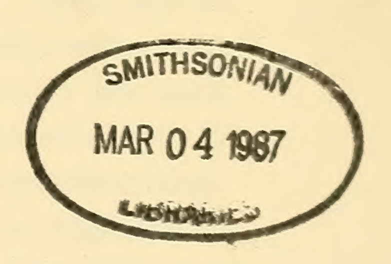
VOLUME III

MÉTÉOROLOGIE DE MADAGASCAR

PAR

le R. P. CHARLES POISSON S. J.





PARIS
SOCIÉTÉ D'ÉDITIONS GÉOGRAPHIQUES MARITIMES ET COLONIALES
184, BOULEVARD SAINT-GERMAIN (VI°)

MDCCCCXXX

AVANT-PROPOS

Un coup d'œil sur le chapitre historique par où s'ouvre ce livre, aura vite convaincu le lecteur que météorologie et magnétisme étaient sciences peu étudiées à Madagascar avant 1889. Les observations dispersées au cours d'une exploration rapide, quelques relevés climatologiques concernant l'Imerina ou l'île de Nosy-Bé constituaient une indigente documentation. En décembre 1888 débarquait à Tamatave l'homme, jeune encore, — il était né à Lavaur en 1852, — qui devait consacrer sa vie aux études de géophysique en terre malgache.

L'œuvre à réaliser était immense : édifier de toutes pièces un observatoire sur une colline abrupte, la plus desséchée et la plus mal famée des environs de la capitale; organiser rapidement un réseau de stations secondaires où les phénomènes météorologiques seront notés par des observateurs de bonne volonté; donner aux levés topographiques du plateau central l'indispensable fondement d'une triangulation sérieuse, fut la tâche des premières années. La guerre de 1895 survint, et avec elle la ruine de l'édifice : observatoire démoli par les Hova, dispersion des observateurs.... Mais sous les apparences un peu frêles d'un artiste, le Père Colin possédait une âme énergique, une foi capable de tous les recommencements. Malgré une santé désormais ébranlée par un paludisme incurable, il se remit au travail. Et quand en 1901 et 1903 le Gouvernement Général de la nouvelle colonie reconstituait les stations météorologiques, la cheville ouvrière de l'organisation nouvelle était prête. Sans en porter officiellement le titre, le Père Colin resta en fait le chef de la météorologie malgache de 1903 à 1920. C'est lui qui assura la prévision et les avertissements de cyclones pour Madagascar, lui

qui par ses observations astronomiques quotidiennes fournit à la capitale malgache l'heure officielle, lui encore qui mit sur pied les premières études des tremblements de terre; toujours prêt d'ailleurs, en guise de vacances, à reprendre le théodolite du géodésien pour le compte du Service Géographique, ou les boussoles magnétiques pour compléter ses propres investigations.

La Grande Guerre n'interrompit pas ses recherches; elle fut cruelle pourtant pour le directeur de l'Observatoire, privé d'une grande partie des secours matériels qui lui venaient de France, plus atteint encore par la perte du Père Aurand, son adjoint, parti dans un poste de brousse pour remplacer un missionnaire tombé au champ d'honneur. Plus dure devait être l'après-guerre : si les établissements scientifiques de la Métropole connurent alors des heures difficiles, quelles durent être les souffrances du savant prématurément vieilli, isolé sur sa colline malgache, inquiet malgré lui de ne pas voir surgir un successeur.

C'est au plus fort de ses légitimes angoisses que le Père Colin accepta de résumer en un volume ses travaux sur la météorologie et le magnétisme qu'il poursuivait depuis trente ans.

Dans une pénible incertitude sur l'avenir de son œuvre, ignorant si elle réussirait à lui survivre, le fondateur de l'observatoire de Tananarive recueillait les fragments épars et inachevés pour les soustraire à la mort de l'oubli.

Le livre s'achevait à peine, que l'auteur, le 10 avril 1923, laissait échapper la plume pour recevoir dans une autre vie sa récompense.

Les circonstances n'ayant pas permis la publication immédiate du manuscrit, l'éditeur a bien voulu demander au successeur du Père Colin de revoir ces pages pour l'impression, et d'y incorporer les statistiques ou observations postérieures à 1918.

En ce qui concerne le magnétisme terrestre la tâche du reviseur fut très simplifiée : quelques pages de chiffres, deux ou trois notes ont seules été ajoutées au manuscrit primitif.

La partie météorologique demandait une sollicitude plus grande. D'une part les résultats accumulés de 1918 à 1926 formaient pour l'ensemble de l'île une documentation d'autant plus importante que certaines stations

étudiées par le Père Colin étaient de fondation encore récente, et les conclusions quelque peu incertaines. D'un autre côté, les écoles et les méthodes de la météorologie ont subi pendant et après la guerre de tels bouleversements qu'on ne pouvait les passer sous silence.

Les chapitres traitant de la pression barométrique ont reçu de légères additions et des retouches localisées à quelques paragraphes. Les pages consacrées aux éléments climatériques, température, vents, pluies, surtout, appelaient des rectifications plus notables. Ici le reviseur ne s'est pas senti la main assez souple pour y procéder par petits coups de pinceau. Devant des faits nouveaux et des conclusions non confirmées par l'expérience, il a jugé préférable de faire ce qu'eût fait le Père Colin à sa place; empruntant à l'auteur ses idées, ses observations et ses chiffres, conservant du texte tout ce qui pouvait être reproduit, il a repris en entier les statistiques, les graphiques et la rédaction. Partout où son opinion personnelle s'écartait de celle de son vénéré prédécesseur, il a reproduit le texte même du Père Colin, en le faisant suivre de quelques commentaires. Il s'agit là d'ailleurs de simples points de détail. Les appendices plus originaux sont entièrement de la main du Père Colin, sauf la monographie du cyclone de Tamatave.

S'il reste quelque mérite à cet ouvrage, le lecteur le reportera, après Dieu, à celui qui fut sous le ciel austral pendant trente-quatre ans à la peine, et qui n'est plus parmi nous pour recevoir l'honneur.

Ch. Poisson.

Observatoire de Tananarive, 31 juillet 1927.

MÉTÉOROLOGIE
DE MADAGASCAR

CHAPITRE PREMIER

HISTOIRE DE LA MÉTÉOROLOGIE MALGACHE

Avant d'étudier le détail d'observations météorologiques faites à Madagascar, il a paru convenable de grouper en un chapitre d'ensemble les renseignements historiques que nous possédons sur les postes isolés d'abord, puis sur la fondation, l'organisation et les modifications successives du réseau météorologique.

Ce résumé constituera en même temps l'étude sommaire de notre documentation, et des sources d'information utilisées dans la suite du volume.

Il faut rapporter aux Européens toutes les connaissances précises et scientifiques sur la météorologie malgache dans sa double forme climatologique et cyclonomique. L'état rudimentaire du développement intellectuel dans les divers groupements ethniques de la Grande Ile, l'absence d'une langue écrite, le manque absolu d'instruments de mesure, empêchaient avant l'arrivée des « Vazaha » toute recherche ordonnée dans la partie que nous étudions ici.

Nous sortirions des limites de notre sujet si nous cherchions à rassembler, par des procédés de linguistique ou le dépouillement du folklore indigène, les idées que Hova, Betsileo, Sakalaves, etc., pouvaient avoir sur les phénomènes de physique du globe.

On a relevé ailleurs l'influence visible des Arabes sur la division du temps, les noms des jours, la fixation du calendrier. En météorologie le bagage du Malgache ne va pas loin. Il connaît la succession régulière des deux saisons sèche et humide, son expérience agricole a noté les signes

qui indiquent que le temps est venu de semer le riz, de préparer les terres, de repiquer les différentes espèces de plantes comestibles qui forment la base de sa nourriture (riz, manioc). Il sait utiliser adroitement les eaux pour irriguer ses rizières. En dehors de ces notions sommaires de la vie quotidienne, il saura encore que le climat des côtes est plus chaud que celui de l'Imerina; les peuplades acclimatées depuis longtemps dans une région savent que les fièvres ou le froid humide les incommoderont ailleurs. Ne leur demandons pas davantage.

C'est donc vers les blancs que nous nous tournerons : avant leur établissement sédentaire dans l'île, qui ne remonte guère au delà du règne de Radama II pour l'intérieur, on trouve seulement des voyages, des explorations, quelques colons ou commerçants fixés sur les côtes.

Les bagages de l'explorateur contiennent ordinairement : baromètre anéroïde, thermomètre, assez souvent un hypsomètre pour la mesure des altitudes. Mais, en météorologie, seules sont intéressantes les séries de longue durée, observées en un même point. Les voyageurs, à quelque titre qu'ils se déplacent, ne fourniront donc à la physique du globe que des chiffres épars, des notations isolées. On n'en saurait faire état qu'à défaut de toute autre information de plus longue haleine.

Pour Madagascar, une seule exception pourrait être faite, en faveur d'Alfred Grandidier, en raison de son long séjour en terre malgache. On sait que les registres contenant les observations météorologiques des deux premières années de son exploration ont malheureusement péri dans les flammes à Saint-Denis de la Réunion : n'ont pu être conservées que les notes prises entre le 28 mai 1868 et le 15 juillet 1870. Mais A. Grandidier a fait plus pour la météorologie malgache que de recueillir quelques chiffres en passant. C'est lui qui, en Imerina, a conseillé à Laborde, consul de France auprès de Sa Majesté Ranavalona, de tenir un compte exact et quotidien des principaux éléments, pression barométrique, température, pluie, météores. Le Journal de Laborde existe pour les années 1872 à 1878; les PP. Roblet et Colin l'ont utilisé et fait connaître.

L'observation journalière était faite le matin à Andohalo sur l'empla-

cement actuel du lycée Gallieni, au bord de cette petite place qui porte depuis la conquête française le buste et le nom de Jean Laborde.

Ce sont aussi les conseils d'A. Grandidier qui ont encouragé le Père Roblet dans l'immense travail des levés cartographiques; les cahiers du topographe sont intéressants, mais les observations météorologiques dispersées au hasard d'itinéraires variés.

Il est probable que des observations climatologiques ont dû être faites vers cette même époque dans les petits établissements français de la côte, aux Comores, à Sainte-Marie, à Nosy-Bé; les médecins de la marine nationale attachés à ces stations ne pouvaient se désintéresser du climat. Un seul travail de ce genre nous est connu, très fouillé, très consciencieux. Il s'agit de l'*Étude sur le climat de Nosy-Bé*, rédigée par le Dr Guiol, médecin de 1re classe de la Marine, insérée par Mascart dans les *Annales du Bureau central météorologique* de Paris, année 1884, IVe volume. Le Dr Guiol n'a eu à sa disposition que deux années d'observations, 1879-1880, dont il a tiré un remarquable parti. Son texte suppose cependant qu'il a connu des résultats antérieurs aux siens, surtout en ce qui concerne les orages.

Pour des études de climatologie locale et côtière, on pourrait sans doute retrouver des fragments plus ou moins importants dans les archives du ministère de la Marine : bâtiments stationnés sur les côtes, missions hydrographiques, rapports annuels de médecine en doivent contenir. Peut-être l'intérêt purement documentaire et rétrospectif de ces exhumations paraîtra-t-il un peu faible pour justifier l'effort nécessité par de telles recherches. Il est un point particulier cependant dont l'étude présenterait des avantages : nous voulons parler des cyclones de Madagascar et du canal de Mozambique, de ces derniers surtout. Les travaux de Bridet à la Réunion, de Meldrum à Maurice ont déterminé des trajectoires, fixé des dates, commenté des effets pour les tempêtes de l'océan Indien. En ce qui concerne Madagascar nous savons bien peu de choses à ce sujet avant l'année 1889, date de l'installation du Père Colin à Tananarive.

A partir de 1878 la documentation météorologique commence à se

montrer. La brochure annuelle *Antananarivo Annual*, éditée à Tananarive par les membres de la London Missionary Society (premier fascicule en 1875), contient en effet dans son numéro de Noël 1878 un excellent article du Révérend R. Toy L. M. S. « Remarques sur la météorologie de Tananarive et environs ». C'est une étude descriptive bien menée; on peut regretter qu'aucune traduction française n'en ait été donnée au public : malgré son ancienneté elle ne demanderait que de petites rectifications de détail pour redevenir d'actualité.

Les observations de Laborde sont continuées à Andohalo par la mission catholique : par les Frères des Écoles chrétiennes de 1879 à 1881, par les Pères Delbosc et Roblet en 1882.

Les difficultés franco-malgaches interrompent cette série par l'expulsion des Français en 1883. Mais vers la même époque un poste météorologique est installé par les soins de la L. M. S. à Tananarive, dans son collège de Faravohitra. L'*Antananarivo Annual* publie les résultats à partir de 1882 sous la signature du Révérend J. Richardson, auquel succède ultérieurement le Révérend Sharman. Le Père Roblet ayant repris ses fonctions d'observateur en 1886, on peut dire que pour les données sommaires (pression moyenne, température, pluies) la série d'observations est continue à Tananarive depuis 1872 jusqu'à la fondation de l'observatoire en 1889.

On trouverait encore dans la publication anglaise des observations faites par M. G. A. Shaw à Tamatave en 1881-1882, puis à Farafangana. Enfin M. Knott, vice-consul d'Angleterre à Majunga, a entretenu à ses frais un observatoire à Majunga de 1893 à 1903.

Mais dans les résultats donnés au public par M. Knott existent de nombreuses lacunes, qui doivent provenir de fréquentes absences de l'unique météorologiste pour voyages, tournées et congés. Nous dirons plus loin comment, du poste de M. Stratton Knott partit en mai 1903 le premier échange quotidien de dépêches météorologiques avec Mozambique.

En 1889 la Mission catholique, aidée puissamment par l'influence de M. Le Myre de Vilers, fonde l'observatoire de Tananarive sur la colline d'Ambohidempona. Depuis cette époque l'ensemble des éléments étudiés

dans les stations météorologiques complètes est noté par le Père Colin, ses aides et ses successeurs. Le directeur du Bureau central météorologique de Paris, M. Mascart, a fourni les modèles.

Pression barométrique, température, vapeur d'eau, état hygrométrique de l'air, précipitation, actinométrie, insolation, nébulosité, direction et vitesse du vent sont déterminés cinq fois par jour à 7 heures, 9 heures, 13 heures, 16 heures et 18 heures, heure locale. On sait que Tananarive avance de trois heures sur le méridien origine de Greenwich. Les observations ont donc lieu à 4 heures, 6 heures, 10 heures, 13 heures et 15 heures, temps moyen de Greenwich. Au point de vue météorologique qui nous occupe ici, il n'y a pas lieu de s'inquiéter de la rectification d'heure de 10 minutes 12 secondes résultant de l'adoption en 1911 du système des fuseaux horaires.

Le détail des relevés, tant pour les instruments à lecture directe que pour les enregistreurs, a été publié en un volume annuel dont la collection comprend les années 1889 à 1915. Une seule interruption, du 18 septembre 1895, date de la destruction de l'observatoire par les Hova pendant la guerre franco-malgache, jusqu'aux premiers mois de 1896 où les instruments furent réinstallés provisoirement à Andohalo. Les observations ont repris à Ambohidempona en août 1898 et n'ont plus cessé depuis cette époque.

Les principaux chiffres ont également paru dans les volumes annuels des *Annales du Bureau central météorologique de Paris*, dans les publications de la colonie, *Journal Officiel*, puis *Bulletin Économique*, et depuis 1909 dans la monumentale collection anglaise *Réseau mondial*.

Les volumes annuels de l'observatoire de 1916 à 1923 sont restés inédits, faute de ressources et d'imprimeurs. En réalité les relevés de 1916 à 1918 inclus sont les seuls qui n'aient pas été reproduits dans la colonie, par suite de la suspension momentanée du *Bulletin Économique*.

Les années 1919 et suivantes y figurent de nouveau.

A partir de 1924 un bulletin mensuel, forme demandée par les congrès internationaux, a remplacé en partie le volume annuel. En partie, parce que les seules observations à lecture directe y figurent, à l'exclu-

sion des enregistreurs, trop encombrants. Enfin, en 1926, le *Bulletin Économique mensuel* a inauguré l'insertion de diagrammes mensuels qui flattent davantage l'œil du lecteur.

La météorologie de Tananarive est donc largement connue depuis l'année 1889. Il nous faut maintenant exposer le développement de ces études pour le reste de Madagascar. Si la capitale en effet, est assez bien placée pour caractériser le climat de l'Imerina et d'une portion étendue du Plateau Central, nous verrons plus loin que d'autres régimes existent dans l'île, nettement différents.

Dès son installation à Ambohidempona, le Père Colin se préoccupa d'obtenir des renseignements météorologiques réguliers provenant de stations secondaires. L'absence de relations télégraphiques, la difficulté des moyens de communication ne permettaient d'établir que des postes climatologiques; il n'eût d'ailleurs pas été possible de demander à des observateurs bénévoles plus de trois lectures par jour de quelques instruments simples. Le Père Colin eut recours d'abord à ses confrères de la Mission catholique. Dès 1889 il recevait mensuellement les rapports détaillés de Arivonimamo, Fianarantsoa et Tamatave (pression barométrique, température, pluies). En 1890 le nombre de ces stations était porté à onze, par l'adjonction de Betafo, Ambositra, Ambohimandroso, desservis par des missionnaires, tandis que la bienveillance éclairée du Résident général de France permettait de recevoir le concours de fonctionnaires ou colons de Vohémar, Diégo-Suarez, Majunga, Nosy Vé et Fort-Dauphin. On leur adjoint Nosy-Bé et Mananjary en 1891.

Mais la bonne volonté et le sérieux des observateurs ne peut suppléer toujours à la précarité des moyens. On ne trouve plus que huit stations en 1892, sept en 1893. La guerre de 1895 ruine cette organisation. Il ne subsiste plus en 1896 que Tananarive avec le Père Colin, et Majunga (observatoire de M. Knott).

Après l'occupation française tout était à reprendre sur des bases nouvelles. La colonie naissante ne pouvait se désintéresser des études météorologiques. Son développement était trop intimement lié à la connais-

sance exacte des climats, tant au point de vue de l'acclimatation des Européens, de l'étiologie des maladies tropicales, de la salubrité des régions, qu'à celui de l'agriculture, avec la détermination plus précise des zones favorables à telle ou telle plante : céréales, vigne, vanille, caoutchouc, coton, café, tabac, etc.

C'est ce dernier aspect qui frappa d'abord les dirigeants de Madagascar. M. Prudhomme avait été mis à la tête du service agricole.

Une commande de vingt-trois séries d'instruments météorologiques fut signée le 24 mai 1899. Le général Gallieni était alors en congé en France ; le général Pennequin exerçait les fonctions de Gouverneur général par intérim. Comme la commande a été lancée pendant que le général Pennequin faisait une tournée dans le Betsileo, il est probable que l'honneur de cette démarche, importante pour la météorologie malgache, revient à MM. Lepreux, secrétaire général, et Prudhomme chef de service de l'agriculture, et bientôt directeur.

M. l'ingénieur des Ponts et Chaussées Blosset, au cours de l'article qu'il a consacré à *la météorologie côtière de Madagascar* (*Bulletin Économique*, 3e trimestre 1924), signale une fondation antérieure [1] : celle du 12 décembre 1898, où une station fut ouverte à Tamatave sur la demande du service de santé, dans un but nettement climatologique. Mais la décision du 24 mai 1899 marque pour ainsi dire la conception du réseau malgache, dont l'arrêté du général Gallieni en date du 16 février 1901 serait l'acte de naissance et la charte d'organisation.

Le titre même de cette pièce fondamentale en précise le but. « Arrêté portant création et organisation d'un service de météorologie agricole. » L'article 1er, ainsi conçu : « Ce service a pour but de centraliser et d'interpréter, au point de vue agricole, toutes les observations et renseignements météorologiques recueillis à Madagascar », n'ajoute pas grand'chose. La circulaire du 16 mars qui notifie l'arrêté indique, elle aussi, que les mesures à prendre sont d'inspiration exclusivement agricole;

[1] L'auteur a lui-même mentionné quelques autres initiatives pour la période de 1896 à 1899, notamment celle du lieutenant-colonel Lyautey à Ankazobé. Cf. *Bulletin Économique*, 1926, n° 2, page 7.

elle débute ainsi : « La connaissance du régime climatérique des diverses régions de Madagascar présente au point de vue de l'agriculture un intérêt primordial. C'est ainsi que les zones favorables à certaines cultures : thé, café, vanille, cacaoyer, quinquina, cotonnier, etc., ne pourront être exactement déterminées que par une étude, aussi précise que possible, de ce régime. C'est dans le but, etc. » Il est cependant un problème climatérique, de caractère plus élevé, dont l'absence étonne un peu, pour qui connaît la largeur de vues du général Gallieni. La mortalité excessive parmi les soldats du corps expéditionnaire de 1895 avait bien mis en lumière l'action redoutable du climat dans les plaines basses, particulièrement pendant la saison des pluies. Le souvenir de cette désastreuse expérience ne pouvait être sitôt effacé; la fondation même de la station de Tamatave en 1898 indique d'ailleurs que le service de santé n'a pas oublié. Comment expliquer que nulle pensée de cet ordre ne se reflète dans l'organisation d'un service de météorologie climatologique, qui pouvait donner des indications si utiles pour la médecine coloniale et la colonisation européenne?

Empressons-nous de reconnaître que la cloison étanche entre les services ne devait pas empêcher le Corps médical d'être renseigné s'il le désirait. Car d'une part, si longtemps qu'a duré le régime de l'arrêté de 1901, le détail complet des observations a été reproduit *in extenso* dans les fascicules trimestriels du *Bulletin Économique* (1901-1907); et d'un autre côté ces relevés suffisaient à l'étude des questions d'hygiène coloniale. M. Prudhomme, en effet, dotait ces stations, non seulement des thermomètres à maxima et minima et du pluviomètre qui constitueront plus tard l'unique bagage des postes de météorologie agricole, mais encore d'un baromètre anéroïde et d'un psychromètre, ce qui permettait la connaissance assez exacte des variations de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère. On sait quelle importance les spécialistes de la climatologie actuelle, surtout peut-être les Anglo-Saxons, attachent à juste titre aux problèmes de l'humidité relative pour la détermination des régions habitables à divers degrés. La bibliographie de ce sujet seul, serait déjà immense. On en pourrait constituer une fort étendue en

parcourant la collection de la *Monthly Weather Review* de Washington depuis 1914.

Mais nous ne sortirons pas du cadre de la météorologie malgache en indiquant du moins le suggestif chapitre intitulé *Climatology* par Griffith Taylor dans *Australian Meteorology* (Oxford, Clarendon Press, 1920, chapitre XXVI). L'application faite par G. Taylor des données fournies par le thermomètre humide pour discerner et classer les localités où l'établissement des colons de race blanche est possible, sans avoir pour Madagascar tout l'intérêt qu'elle présente en Australie, ne serait pas cependant à mépriser. Les stations de météorologie agricole de M. Prudhomme emploient un thermomètre humide : depuis 1911 cet instrument n'est plus en usage que dans les stations de prévision du temps [1].

Au début de la saison des pluies, novembre 1901, le réseau créé par l'arrêté du général Gallieni comprend trente-trois postes; les deux tiers sont sur les côtes, assez bien répartis pour ne laisser vide aucune étendue trop considérable, au moins sur les versants Nord-Ouest et Est, car pour la partie comprise entre Fort-Dauphin et Majunga par le Sud et l'Ouest, la rareté des établissements français accroît sensiblement l'écart des mailles. A l'intérieur (11 postes) le plateau central, Imerina et Betsileo est convenablement représenté; il y a même trois postes dans le Sud, à Ihosy, Betioky et Tsivory.

Cette organisation, qui fonctionne régulièrement jusqu'en 1907 à l'exception inévitable de quelques stations mort-nées, ne suffit pas longtemps aux besoins de la colonie. Car si la météorologie climatologique ou statique, celle qui peut se contenter de connaître les valeurs moyennes des divers éléments et leur variation normale ou extrême, devait servir de base aux travaux de colonisation, l'aspect dynamique de la science de l'atmosphère échappait à ses moyens d'action; or l'étude des perturbations accidentelles acquiert une véritable importance dans une contrée annuellement ravagée par les cyclones.

C'est dans l'océan Indien que ce vocable a pris naissance, pour désigner

[1] L'arrêté du 15 juin 1927 a rendu réglementaire l'usage du psychromètre dans toutes les stations de Madagascar.

les tourbillons aux proportions gigantesques, et aux effets violents, que l'Extrême-Orient connaît sous le nom de typhons, et que l'Amérique appelle plutôt ouragans. La météorologie européenne s'est emparée de ce terme expressif, et l'applique dans sa langue à des dépressions beaucoup moins redoutables. On permettra que nous conservions leur sens premier aux cyclones malgaches. Malgré son étendue le tourbillon couvrira un espace jugé modeste en regard des dépressions dites cycloniques de l'Atlantique Nord. Il concentrera son effort, et le long des pentes plus raides de son entonnoir, les vents se déchaîneront toujours avec force, parfois avec fureur.

Si la formation de ces météores n'est pas adéquatement expliquée, les patientes recherches des Meldrum, des Algué, des Vines, des Froc pour ne citer que quelques noms, ont suffisamment fait connaître les formes, habituellement régulières, de leur déplacement; les signes précurseurs qu'ils ont classés, les relations reconnues dans les répartitions des éléments météorologiques au sein du tourbillon, permettent de découvrir à distance le cyclone, d'en placer le centre actif sur les cartes, d'en suivre la trajectoire pas à pas. Il devient alors possible de prendre quelques heures d'avance sur la tempête, et d'avertir marins ou colons du danger qui les menace. Ce laps de temps pourra le plus souvent suffire au marin pour modifier sa route, et fuir le secteur réellement périlleux. Le colon, dûment averti, n'a pas la ressource de déplacer sa fortune; du moins lui sera-t-il loisible de protéger ce qu'il estime le plus précieux. Donner ces avertissements, c'est le rôle du météorologiste : il faudra pour cela que les renseignements lui viennent de loin et instantanément.

Or en décembre 1902 et mars 1903 le passage de cyclones cause de sérieux dommages à Madagascar [1]. Le Père Colin les étudie, à la demande du général Gallieni. La grande affaire, ici, c'est la promptitude des renseignements venant des côtes et retournant sous forme d'avis aux ports menacés. Le réseau télégraphique de Madagascar n'est pas encore com-

[1] Le lieutenant de vaisseau Faucon avait déjà annoncé et décrit le cyclone de Vohémar (3 février 1899).

plet : mais tel quel, il permettrait déjà des services appréciables pour la côte Est et même Nord-Ouest. Gallieni n'hésite pas : il est le chef aux décisions promptes. Il faut d'urgence constituer une centralisation de télégrammes météorologiques quotidiens. Les stations agricoles n'y suffiront pas. D'abord un certain nombre d'entre elles sont établies dans les différents jardins d'essai, c'est-à-dire loin du télégraphe. Ensuite la cyclonomie a des exigences à elle : ce qui importe surtout, c'est la connaissance très précise des variations barométriques, de la direction et vitesse du vent, des aspects du ciel et de la mer. Donc un outillage nouveau : baromètres à mercure, doublés parfois d'enregistreurs, girouettes, anémomètres; car la pression et le vent sont les rois du cyclone. Puis des observatoires aux vues dégagées, de préférence sur la côte.

Tout est à faire : achat d'instruments, choix et formation des observateurs. L'énergie du chef ne se rebute pas des obstacles; il faut un essai immédiat partout où le télégraphe le permet. La décision est prise dès le 2 mai 1903. Cette seconde création est moins connue que la première, car pour cette organisation nouvelle qui peut débuter par des tâtonnements, on ne procédera pas par la voix solennelle des arrêtés. Une brève mention dans la partie non officielle du *J. O.* du 2 mai, une lettre encore inédite, précisant au directeur de l'agriculture que, pour aller plus vite, on emprunte provisoirement le matériel de ses postes, en priant d'expédier ces appareils sans délai aux endroits désignés, et c'est tout. Le chef du nouveau service, le météorologiste qui interprétera ces messages, et les transformera s'il y a lieu en alerte pour tel ou tel point, ce rouage essentiel de la machine n'est même pas nommé, ni par l'*Officiel*, ni par la correspondance.

Gallieni a l'art du chef : il sait utiliser toutes les forces vives. Dans le service de télégrammes quotidiens, qui le 1er mai 1903 commence ses échanges avec Mozambique, ce sont deux observatoires privés qui représentent Madagascar : celui du vice-consul anglais Knott à Majunga, celui du Père Colin à Tananarive. Pour la prévision, on sait seulement que les télégrammes sont centralisés au Gouvernement général; mais nul ne s'y trompe. Gallieni a fait relier l'observatoire d'Ambohidempona à

Tananarive par un fil téléphonique; et c'est le Père Colin qui assure le service des cyclones. Aux heures d'alerte, le général tenait à se renseigner lui-même, et par téléphone sa voix interrogeait, soutenait ou harcelait le Père Colin, plusieurs fois par jour. Le réseau comprend onze stations : Diégo, Majunga, Vohémar, Maroantsetra, Tamatave, Andovoranto, Mananjary, Tulear, Fianarantsoa, Fort-Dauphin, Tananarive.

Nous savons que cette improvisation d'un service nouveau, créé de toutes pièces et sans chef apparent, fut couronnée de succès. Les monographies successives rédigées par le Père Colin se trouvent au *Journal Officiel* de la colonie. C'est là encore qu'il faudrait chercher les relevés périodiques des deux observatoires privés, de Majunga et de Tananarive. Nous rejetterons à la fin de ce chapitre les références bibliographiques, pour ne pas alourdir le récit. Une conséquence normale de la réussite des prévisions de cyclone fut l'agrandissement de ce service; les études de 1905 avaient attiré l'attention des îles voisines, de la Réunion et de Maurice, où les effets dévastateurs du tourbillon sont parfois si grands. En 1906 l'une et l'autre demandent à Madagascar un échange de télégrammes météorologiques quotidiens, et la communication des avertissements, à charge de réciprocité. De son côté le Père Colin tient à profiter des nouvelles lignes télégraphiques pour accroître le nombre des stations d'observation spécialement dans l'Ouest. Dans l'intervalle, le général Gallieni a quitté Madagascar; M. Augagneur qui lui succède, ne peut qu'être favorable à l'amélioration d'une organisation qui fait œuvre si visiblement humaine; aimant les situations franches, il offre au Père Colin de le mettre officiellement à la tête du service de prévision du temps (c'est sa nouvelle appellation), complètement réorganisé. La chose a lieu par l'arrêté du 20 février 1907. Le nombre des stations du réseau est porté à vingt-quatre, chiffre respectable qui ne sera jamais dépassé dans la suite. Aux postes maritimes que nous connaissons s'ajoutent Antalaha, Mahanoro, Farafangana sur la côte Est. Sainte-Marie remplace Maroantsetra trop encaissé derrière la presqu'île de Masoala. A l'extrême Sud, Ambovombé, à l'Ouest, Morondava, Maintirano, Analalava, Nosy-Bé sont incorporés. On ajoute quelques postes de

l'intérieur, comme Mandritsara, Maevatanana, Antsirabé Betroka. C'est la presque totalité du service de météorologie agricole qui passe dans l'autre camp. On peut se demander s'il est opportun de conserver les quelques débris qui subsistent : la voix de M. Prudhomme n'est plus là pour les défendre, et la météorologie agricole est supprimée; l'agriculture conservera cependant les observatoires de ses jardins d'essais de l'Ivoloina (Tamatave) et Nanisana (Tananarive).

Avec ces nouveaux éléments le service des cyclones progresse normalement. D'autre part le Père Colin, devenu directeur technique de la météorologie malgache, assure la transmission des résultats mensuels au *Bulletin Économique.* Il le fait sur l'invitation du service de colonisation sous une forme résumée, qui continuera jusqu'en 1921. Chaque année ou chaque trimestre le *Bulletin* donnera en cinq tableaux : la pression barométrique moyenne, la température moyenne, l'état hygrométrique, la hauteur de pluie, et le nombre de jours où la précipitation atteint 1 millimètre; cela pour chaque mois et chaque station. C'est déjà une documentation précieuse; on aurait peut-être pu donner quelques renseignements de plus. Si la publication *in extenso* jusqu'alors employée, pouvait sembler un luxe superflu, on eût aimé du moins trouver, à côté des valeurs moyennes de la température, les maxima et minima et leurs pointes extrêmes, qui sont des données climatiques importantes. De même pour caractériser la pluviosité en saison sèche, où la précipitation est notable et fréquente dans le Centre, alors même qu'elle n'atteint pas 1 millimètre à chaque fois, le nombre total des jours de pluie eût dû figurer à côté de l'autre.

La climatologie est devenue un peu plus exigeante, depuis l'époque où M. Renou publiait ses tables et où M. Mascart présidait aux destinées du Bureau central de Paris. Le Père Colin, si soigneux à lire et à annoter de sa main tous les imprimés cyclonomiques qui lui venaient du Pacifique, de la Havane ou des Mascareignes, se résignait aux ingrates statistiques des relevés climatériques. C'est pourtant à cette époque qu'il commençait à préparer ces communications à l'Académie malgache qui forment la première ébauche du présent ouvrage. Il faut immédia-

tement ajouter à sa décharge que le chef technique du réseau malgache avait trop souvent à souffrir des erreurs constatées dans les feuilles qui lui étaient remises. Tout particulièrement les thermomètres à maxima et minima lui donnaient des soucis; les instructions sur leur emploi semblaient incompréhensibles à maint observateur, et loin de les secouer chaque jour, on se contentait de les lire à distance comme si leur contact eût créé quelque nouveau « fady ». Puis c'était une imperfection de l'arrêté, le chef de service n'avait aucune action directe sur son personnel : la moindre rectification ou réprimande devait passer par le 3e bureau du Gouvernement général, descendre de là au chef de province ou de district avant d'atteindre l'intéressé. La sensibilité délicate du Père Colin s'accommodait mal de ces heurts répétés, et si son âme d'artiste éprouvait une satisfaction à suivre l'ordonnance impeccable de ses propres observations, on comprend la fâcheuse impression que lui causaient des bulletins où la température à midi dépassait celle du maximum, où la pluie était notée tantôt en millimètres, tantôt en centimètres cubes, et où les erreurs d'addition étaient à peu près la règle.

En regrettant donc que les tableaux périodiques du *Bulletin Économique* ne nous détaillent pas davantage certains résultats et que le temps nous fasse matériellement défaut pour une revision de détail de quelque dix mille feuilles mensuelles entassées aux archives, nous ne nous montrerons pas, vis-à-vis du chef technique de la météorologie malgache, plus exigeants que n'était la colonie elle-même, qui se contentait fort bien de ses résumés.

Les cyclones prennent toujours la meilleure part des soins météorologiques du Père Colin. L'importance de ces avertissements aux ports se constate par l'empressement à les solliciter.

En 1910, c'est le capitaine de frégate Garnault, commandant de la marine à Madagascar qui demande à les recevoir. Des pourparlers engagés entre le Père Colin et le commandant sortit le « code des signaux de tempête ». On réalise à l'aide de cônes et de cylindres de toile, visibles de loin, douze combinaisons dont chacune constitue un avis de menace de cyclone pour l'une des douze circonscriptions côtières de l'île.

La forme et la signification de ces signes se trouve dans les principaux répertoires maritimes bien connus des intéressés; on peut encore également les voir dans le *Guide-annuaire de Madagascar* pour 1912, page 160. Ce code est toujours en vigueur (*Journal Officiel*, circulaire du 23 novembre 1911). En 1928 on a ajouté deux signaux pour les Comores.

Au point de vue agricole il faut signaler en ce temps la statistique des observations déjà connues, dressée en 1909 par M. Jaeglé (*Bulletin Économique*, 1909, p. 140-144). Ce travail consciencieux met en lumière la coexistence à Madagascar de quatre climats principaux, de l'Est, du Centre, de l'Ouest et du Sud. Ce dernier, quoique bien caractérisé, est souvent oublié dans des énumérations trop brèves de quelques auteurs.

Au Gouvernement général, un regroupement des services agricoles et forestiers a eu lieu sous le nom de service de colonisation. M. Picquié ayant remplacé M. Augagneur à la tête de la colonie, l'arrêté du 13 janvier 1911 réorganise les stations météorologiques. A côté du réseau de prévision du temps, dont le fonctionnement a fait ses preuves, on constitue un cadre indépendant de météorologie agricole, rattaché au nouveau service de colonisation. Comme nous l'avons remarqué plus haut, son outillage nous semble un peu trop rudimentaire. De plus les observateurs indigènes ont eux aussi des difficultés à comprendre les thermomètres à minima et maxima. Ces réserves faites il faut noter que le nouveau réseau agricole est bien composé. Il y a des postes dans toutes les provinces, convenablement répartis, et au nombre de trente-sept. Ce sont :

Province de Diégo-Suarez . .	Ambilobé et Ambavahibé.
— Nosy-Bé	Ambanja.
— Analalava. . . .	Antsohihy et Befandriana.
Cercle de Maevatanana . . .	Andriba.
Province de Majunga	Marovoay devient station de prévision.
— Morondava . . .	Ankavandra, Miandrivazo et Serinam.
— Tulear	Ambohibé, Ankazoabo et Betioky.
— Betroka.	Midongy, Ihosy, Ifandana.
— Fianarantsoa . .	Ifanadiana.
— Antsirabé. . . .	Tsinjoarivo, Betafo et Sambaina.
— Tananarive . . .	Arivonimamo, Nanisana et Ambatolaona.
— l'Itasy	Miarinarivo, Soavinandriana et Faratsiho.

District d'Ankazobé.	Ankazobé.
Province de Maroantsetra . .	Maroantsetra.
— Tamatave. . . .	Ivoloina, Ambatondrazaka.
— Andovoranto . .	Beforona, Analamazaotra et Moramanga.
— Vatomandry. . .	Anosibé et Mahanoro.
— Mananjary . . .	Tsiatosika.
— Fort-Dauphin. .	Ambovombé et Tsivory.

Ce dispositif constitue pour l'étude climatologique de l'île un progrès indiscutable. Il est à peine besoin de signaler combien certaines des localités choisies sont avantageuses pour la détermination de ces variétés distinctes de climat, qu'on soupçonne plutôt qu'on ne les connaît.

Par exemple Ambanja, en bordure de ce curieux Sambirano qui forme sur la côte Ouest une presqu'île climatique en dépendance de l'Est.

Ankavandra, Miandrivazo peuvent donner des précisions sur ces zones mal connues de l'Ouest, qui ne sont ni la côte, ni le Plateau central.

Le Sud et l'extrême Sud ont enfin des postes météorologiques : Ankazoabo, Betioky, Tsivory, Ambovombé sont précieux.

La médaille, si intéressante à contempler de face, a son revers désappointant : bien que ce beau réseau agricole, fondé par l'arrêté du 13 janvier 1911, ait été maintenu dans son intégrité par l'arrêté suivant (22 octobre 1920), et que le texte du 5 mai 1926 soit le premier qui en consacre officiellement la déchéance, nous ne sommes guère mieux renseignés aujourd'hui qu'il y a quinze ans. L'indépendance complète des deux services de météorologie malgache, d'agriculture et de prévision, fait que l'observatoire ne possède pas les bulletins mensuels que ces trente-sept stations ont dû adresser périodiquement à Tananarive. Le service de colonisation n'a pas cru devoir en publier les résultats au fur et à mesure, même sous forme abrégée.

Des remaniements administratifs ayant fait disparaître ce service au départ de son titulaire, nous n'avons jamais pu savoir ce qu'il était advenu de ses archives météorologiques. Peut-être les retrouvera-t-on quelque jour.

En ce qui concerne la prévision du temps un fait important prend sa place sous le régime de l'arrêté de 1911 : les transmissions d'avis de

cyclone par télégraphie sans fils. Comme pour le code d'avertissements par cônes et cylindres, l'initiative vient tout naturellement des marins.

Cette fois c'est l'amiral commandant la division navale anglaise du Cap, qui, par lettre du 21 août 1913, demande que la portée des signaux côtiers soit augmentée en répétant les avis par l'intermédiaire de la station de T. S. F. de Majunga. L'amiral, dans cette mesure, voit une réelle utilité pour la navigation dans tout le canal de Mozambique.

Satisfaction est donnée par le Gouvernement général le 2 décembre 1913. Les avis du Père Colin seront radiotélégraphiés par Majunga.

Le service d'avertissement par T. S. F. ainsi créé continue à fonctionner. Successivement les stations de Diégo-Suarez, Dzaoudzi et Tamatave ont été appelées à y participer. A l'heure actuelle ces avis ont reçu une forme internationale, insérée dans les publications du Bureau international de Berne.

Lorsque le cyclone menace la côte Ouest et le canal de Mozambique, les émissions sont faites de deux en deux heures par Dzaoudzi et Majunga; Diégo et Tamatave en sont chargés si le cyclone est à craindre pour la côte Est. A l'heure même où ces lignes sont écrites Tamatave et Diégo transmettent en mer depuis douze heures des avis de ce genre.

L'historique de la météorologie malgache n'a plus beaucoup de détails intéressants à noter. L'arrêté du 22 octobre 1920 de M. le Gouverneur général Garbit transmet aux Travaux publics la direction désormais commune des deux services agricole et de prévision du temps.

L'observatoire se trouve ainsi déchargé du contrôle des observations et de leur publication officielle. Il conserve la lourde responsabilité des avis de cyclones. Aucune modification n'est apportée à la répartition des stations ou postes. Depuis 1922, la publication des résultats mensuels au *Bulletin Économique*, est assurée par la nouvelle direction, sous une forme un peu améliorée pour ce qui touche aux températures, où les moyennes de maxima et minima figurent désormais. Nous croyons cependant avantageux d'appeler l'attention des météorologistes sur un détail : les températures moyennes sont maintenant obtenues par la moyenne arithmétique du maximum et du minimum quotidiens, procédé

correct. Le Père Colin, qui n'avait pas confiance dans les maxima et minima inscrits par les observateurs, calculait sa température moyenne à l'aide des lectures de 7 heures, 12 heures et 18 heures. L'écart serait assez faible entre les deux procédés si ces lectures se faisaient bien aux heures prescrites; au contraire si l'observateur consulte ses thermomètres plus tard le matin, plus tôt le soir, comme il tendra à le faire en raison de ses limites de présence dans un bureau administratif, la moyenne système Colin pourra différer de l'autre par excès, et on peut s'attendre à une divergence dans ce sens de 1° à 1°,5. Petites misères des stations coloniales où le contrôle ne saurait être de tous les instants.

Enfin le récent arrêté du 25 janvier 1924 spécifie que, à l'intérieur de la direction des Travaux publics, c'est le service maritime créé en 1922 pour s'occuper de ports, rades, phares, signaux et balises, qui est effectivement chargé de la météorologie. L'organisation des réseaux vient d'être modifiée le 5 mai 1926; nous ne parlerons pas ici de la disparition dans ce texte d'un certain nombre de stations, car nous ne croyons pas leur suppression définitive. Par contre les dispositions prises pour assurer la plus rapide centralisation des observations de prévision, et améliorer leur diffusion avec ou sans fils, ont été l'objet d'un soin très particulier, comme on pouvait l'espérer de la part d'un service maritime. De plus l'arrêté de 1926 pose le principe d'envois quotidiens de renseignements en mer, par l'organe de la télégraphie sans fil. Lorsque les modalités de ces messages auront reçu la consécration pratique de l'expérience, Madagascar n'aura plus rien à envier de ce chef aux pays voisins [1].

Cette histoire de la météorologie à Madagascar montre une naissance difficile en un pays encore fermé, puis à peine entr'ouvert aux idées et procédés d'Europe. Autour de son berceau la météorologie malgache trouve les soins de quelques hommes dévoués, mais trop isolés pour assurer la croissance rapide du nouveau-né. Après la conquête française une première impulsion vigoureuse viendra des besoins de la colonisation, et ce sera la forme agricole ou climatologique.

[1] C'est chose faite depuis 1927.

La nécessité de protéger marins et habitants de la côte contre les cyclones amènera la constitution d'un service de prévision du temps : celui-ci n'est pas à longue échéance, et ne compile pas de statistiques; il assure des résultats immédiats. C'est pourquoi il sera mieux compris, mieux aidé; si bien que les plus dangereuses années d'une enfance fragile sont passées pour la météorologie dynamique à Madagascar. Sans doute elle doit croître encore : elle a poussé trop vite, ses formes sont grêles, étriquées : je veux dire que les stations du réseau doivent surtout s'améliorer en qualité, en précision, en rapidité d'envoi de leurs messages. Les résultats de la climatologie sont restés en chemin : besogne ingrate, qui n'attirait personne.

Nous tâcherons au cours du présent livre de noter les points essentiels acquis, avec l'espoir que d'autres viendront, parmi le personnel de la colonie, reprendre avec courage l'œuvre à demi abandonnée.

Note. — Le chapitre que l'on vient de lire était terminé lorsque a été promulgué l'arrêté du 15 juin 1927 créant un Service météorologique de Madagascar, sous la direction technique du directeur de l'Observatoire. Le nouveau réseau comprend 25 stations de prévision du temps et 40 stations climatologiques.

APPENDICE BIBLIOGRAPHIQUE

Documents consultés :

1° Météorologie avant l'occupation française, 1872-1895.

The Antananarivo Annual (Antananarivo Printed at the press of the London Missionary Society), fascicules annuels, moyennes météorologiques à partir de 1882. Même collection, numéro de 1878. *Remarks on the meteorology of Antananarivo and the neighbourhood*, by R. R. Toy L. M. S.

Observatoire royal de Madagascar. Résumé des observations météorologiques faites à Tananarive, par le R. P. E. Colin S. J. Volumes I à V, années 1889-1893 (Tananarive, imprimerie de la Mission catholique).

Remarque : les observations de Laborde et celles de la Mission catholique antérieures à la fondation de l'observatoire se trouvent dans le volume de 1889. Celles des stations secondaires sont insérées à la fin de chacun des volumes.

Observatoire de Madagascar. Observations météorologiques faites à Tananarive par le R. P. E. Colin, volume VI, 1894; volume VII, 1895. (Toulouse, 1909.)

Remarque : ces volumes ne contiennent plus les observations des stations secondaires.

Étude sur le climat de Nosy-Bé, par le Dr Guiol, médecin de 1re classe de la Marine. (*Annales du Bureau Central météorologique de France*, année 1884. — IV. Météorologie générale, seconde partie. Mémoires, p. 1 à 26. — Paris, 1886.)

Meteorological Observations taken at Mojanga, Madagascar, by Stratton C. Knott, F. R. Met. Soc., H. M. vice-consul. (*Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. XXI et XXII.)

2° Depuis l'occupation française, 1895 à 1926.

The Antananarivo Annual, années 1895 à 1900, a cessé de paraître ensuite.

Observatoire de Madagascar. Observations faites à Tananarive par le R. P. E. Colin, Tananarive, imprimerie de la Mission catholique, volumes VIII (1896) à XXVII (1915).

Remarque : les volumes VIII à XV ont été imprimés en France pour le compte de la Mission catholique.

Archives manuscrites de l'observatoire pour les années 1916 à 1923.

Observatoire de Tananarive. Nouvelle série, volume I, 1924, volume II, 1925.

Journal Officiel de Madagascar. Antérieurement à la création du réseau de météorologie agricole en 1901, le *Journal Officiel* des années 1896 à 1901 contient les relevés des observations faites à Tananarive par le P. Colin, à Majunga par M. Knott, et dans quelques stations temporaires : Cap Diégo 1896, Ankazobé 1897, Nanisana 1898, Mananjary et Tamatave, pendant quelques mois de 1898. On y trouve aussi quelques articles, dont les principaux sont :

— Étude de la climatologie dans la région de Tsinjoarivo, n° du 9 août 1898 (Dr Bonnefoy).

— Le cyclone de Vohémar (3 février 1899), n° du 28 mars 1898 (Faucon).

— Sur les changements solaires de température et les variations de la pluie dans la région environnant l'océan Indien, n° du 1er mai 1901.

— Les cyclones à Madagascar, par M. Faucon, n° du 4 décembre 1901.

Dans les années suivantes on pourrait signaler encore :

Travaux magnétiques du P. Colin, nos du 25 octobre et 1er novembre 1902.

Un cyclone (Colin), cinq numéros de décembre 1902.

Cyclones (Colin), nos des 14-18 février, 25-28 mars, 1er avril 1903.

Cyclone (Colin), n° du 21 décembre 1904.

La pluie à Tananarive (Poisson), n° du 2 août 1924.

Y voir de plus les textes successifs de 1901 à 1927 réglementant les Services météorologiques.

Bulletin Économique.

Relevés météorologiques. — In extenso, jusqu'au 3e trimestre 1907.

Sous forme de tableaux résumés de 1908 à 1915 et de 1919 à 1926. Les résultats de 1916-1917-1918 manquent.

Nombreux renseignements dispersés au cours d'articles agricoles, forestiers, d'élevage, notamment : 1903, 1er trimestre. *Sur l'irrigation par retenue et infiltration des eaux pluviales en Imerina*, par M. Marchand.

1903, 3e trimestre. La carte agronomique de Madagascar.

— 4e trimestre. Étude sur le climat de Diégo-Suarez.

Année 1906, 3e trimestre. La gelée dans l'Imerina.

— 1907, 2e trimestre. M. Rollot, Calendrier agricole pour la côte Est.

— 1909, 1er trimestre. G. Carle, Contribution à l'étude des irrigations à Madagascar. Cet article contient la statistique d'ensemble de M. Jaeglé.

— 1910, 2e trimestre. G. Carle, Recherches d'eau dans le Sud-Ouest de Madagascar.

— 1913, 1er trimestre. E. Colin, Le cyclone du 24 au 28 novembre 1912 dans le Nord de Madagascar.

— 1914, 1er trimestre. Calendrier météorologique, agricole et botanique.

— 1920, 1er trimestre. Delpon, Calendrier agricole et horticole pour l'Imerina.

— 1921, 1er trimestre. R. Decary, Monographie du district de Tsihombé.

Année 1921, 3e trimestre. Dr H. Poisson, Monographie de la province de Tuléar.
— 1921, 3e trimestre. J. Noulens, Monographie de Nosy-Bé.
— 1921, 3e trimestre. Ledreux, Calendrier agricole pour le Vakinankaratra.
— 1921, 3e trimestre. Pluviométrie du Sambirano (postes de M. Millot).
— 1922, 3e trimestre. Longuefosse, L'Antsihanaka, région du lac Alaotra à Madagascar.
— 1923, 2e trimestre. R. Decary, Le district de Maromandia (province d'Analalava).
— 1924, 2e trimestre. M. Blosset, Météorologie côtière de Madagascar et essai climatologique.
— 1924, 2e trimestre. Ch. Poisson, La pratique du baromètre à Madagascar.
— 1926, 1er trimestre. Ch. Poisson, Les cyclones de 1925.
Année 1926, 1er trimestre. Ch. Poisson, Quarante-cinq trajectoires de cyclones à Madagascar.
— 1926, 1er trimestre. Cayla, Le coton à Madagascar.

Revue : *Notes, Reconnaissances et Explorations* (Tananarive, imprimerie officielle).
Fauchère, Météorologie agricole du Centre, vol. VI, fascicule 29.
— Météorologie de l'hivernage, 1889-1900, vol. VI, fascicule 32.
E. Colin, Observations météorologiques à Tananarive, 1909, vol. VI, fascicules 30 et 32.
Decorse, Observations météorologiques à Fort-Dauphin, 1900, vol. VI, fascicule 32.
Observations pluviométriques à Beforona (1899-1900), vol. VI, fascicule 32.
Pluie tombée à Tamatave (juin 1898 à 1900), vol. VI, fascicule 32.

Revue agricole et vétérinaire, 1917 à 1921, tous les numéros *passim.*
Perrier de la Bathie, La végétation malgache (*Annales du musée colonial de Marseille*, 3e série, 9e volume), Paris, Challamel, 1921.

Bulletin de l'Académie malgache.
Année 1905, volume IV. E. Colin, Le cyclone du 17 avril 1905.
— 1911, volume IX. E. Colin, Le régime des vents à Madagascar.
— 1912, volume X. E. Colin, La température à Madagascar.
— 1912, volume X. E. Colin, La pluie à Madagascar de 1901 à 1911.
— 1912, volume X. E. Colin, Cyclones de février et novembre 1912.
— 1913, volume XII. E. Colin, La pression atmosphérique. Les cyclones à Madagascar.
Année 1914, nouvelle série, vol. I. E. Colin, Influence du soleil et de la lune sur le baromètre à Madagascar.
— 1916-17, nouvelle série, vol. III. E. Colin, La température et la pression sur le mont Tsiafajavona.

Pour la suite de l'ouvrage on a utilisé encore les collections météorologiques :
Paris, *Annales du Bureau Central météorologique*, observations et mémoires.
Londres, Meteorological Office, *Réseau mondial.*
Observations et stations de Maurice, Lourenço-Marquès, Béira, Inhambane, Quilimane, Mozambique, Prétoria, Salisbury, Capetown.

CHAPITRE II

LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE. VARIATIONS DIURNES

L'étude de la pression atmosphérique présente des renseignements du plus haut intérêt. Nous utiliserons avec les observations faites à Madagascar, celles des pays limitrophes, îles Mascareignes, côte orientale d'Afrique, et Afrique australe. Nous envisagerons les variations barométriques sous leurs trois phases : 1° diurnes; 2° mensuelles; 3° accidentelles. Les premières, coordonnant les faits relatifs à la double marée diurne au niveau de la mer, sur le Plateau central, sur l'un des points culminants de l'île ressortissent à la météorologie générale; les deuxièmes, sous la double influence de la saison et de la répartition géographique des stations, touchent à la climatologie; les variations accidentelles, surtout représentées par les cyclones et quelques aires de hautes pressions, appartiennent directement à la météorologie dynamique. Pour les autres éléments étudiés dans cet ouvrage, c'est-à-dire la température, la vapeur d'eau et le vent, nous suivrons une marche analogue.

Marée barométrique. — Si un patient observateur s'avisait par un jour calme, à Madagascar, de lire son baromètre à chaque heure, il observerait aisément le phénomène de la marée barométrique diurne. Il est infiniment plus commode de se servir, dans ce but, d'un baromètre enregistreur mieux encore d'un baromètre où le style se déplace de 3 ou 5 millimètres pour chaque variation correspondant à un millimètre de mercure; le graphique obtenu ainsi se rapproche de la figure 1 ci-après, obtenue en faisant les moyennes de vingt-deux années.

Le baromètre baisse de 0 mm. 99 entre 22 ou 23 heures et le point du jour suivant vers 3 ou 4 heures; la pression passe alors par un minimum, puis remonte de 1 mm. 07 et atteint un maximum vers 9 ou 10 heures du matin; nouvelle baisse ensuite, celle-ci plus accentuée, soit 1 mm. 80; ce minimum a lieu vers 15 ou 16 heures; enfin le baromètre revient gra-

duellement au maximum entre 22 et 23 heures par une remontée de 1 mm. 73.

Ce tracé montre donc l'existence d'une double vague atmosphérique, où deux oscillations complètes formées d'une crête et d'un creux se succèdent à intervalles de 12 heures. C'est l'ensemble de ces oscilla-

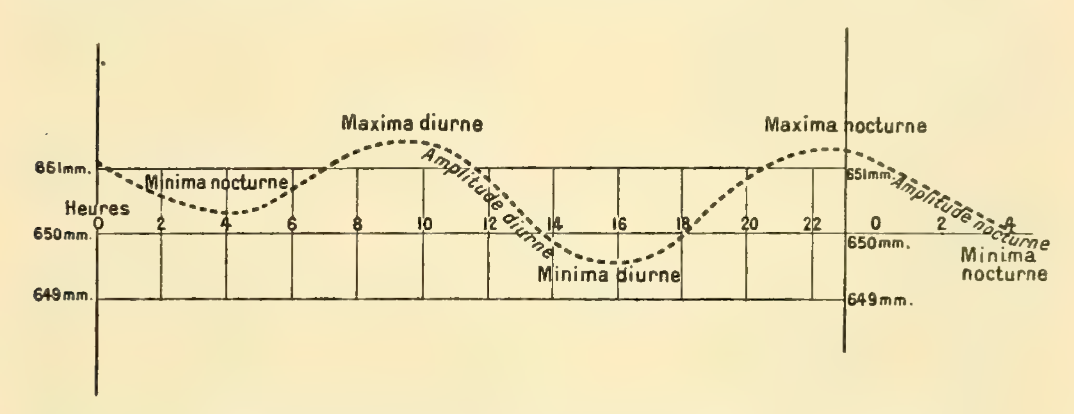


Fig. 1. — Tananarive. Marée barométrique diurne (moyennes de vingt-deux années).

tions qui constitue *la marée barométrique diurne*. Les heures des maxima et minima sont dites *heures tropiques*.

L'amplitude nocturne est la différence entre le maximum et le minimum de la nuit.

L'amplitude diurne sera la différence entre le maximum du matin et le minimum de l'après-midi.

On sait d'ailleurs que le nom de marée donné à ces variations journalières du baromètre ne doit pas laisser d'incertitude dans l'esprit; ce phénomène atmosphérique ressemble à la marée océanienne, mais les vocables, identiques dans leur forme, sont simplement analogues quant à l'objet qu'ils désignent : marée de l'atmosphère et marée de l'océan proviennent de causes distinctes et pas grand'chose n'est commun à l'une et à l'autre. Il est commode de distinguer dans la marée trois effets.

1° La hauteur générale des oscillations par rapport à un niveau pris pour référence : c'est la question des amplitudes;

2° Les heures des oscillations, ou heures tropiques;

3° La valeur de l'oscillation à un instant donné : un tableau la mettra

sous la forme de hauteur moyenne du baromètre pour chacune des vingt-quatre heures.

§ 1. AMPLITUDE DE LA MARÉE

A. Influence de la position géographique sur l'amplitude. — On sait que l'amplitude de la marée barométrique varie avec la distance à l'équateur (ou latitude), région de la terre où ces marées sont les plus fortes, et avec l'altitude du baromètre au-dessus du niveau de la mer, l'une des deux oscillations tendant à prédominer sur l'autre à mesure qu'on s'élève.

Comparons à cet effet quatre stations de l'hémisphère Sud : Batavia par 6°5 et près du niveau de la mer, Maurice par 20° Sud et peu élevée (60 m.) au-dessus de ce niveau, Tananarive (observatoire), à peu près à la même latitude que Maurice (18° 55′ S.) mais à 1,400 mètres au-dessus de la mer, enfin le sommet du Tsiafajavona, peu éloigné de Tananarive (54 km.) et élevé de 2,630 mètres.

Tableau 1. — **Marée barométrique.**

STATION	LATITUDE	ALTITUDE	1er MINIMUM	1er MAXIMUM	2e MINIMUM	2e MAXIMUM
		(mètres).	(mm.)	(mm.)	(mm.)	(mm.)
Batavia	6° 07′ S.		1.3	1.6	2.8	2.6
Maurice	20° 05′ S.	60	1.16	1.2	1.7	1.7
Tananarive.	18° 55′ S.	1,381	0.99	1.07	1.80	1.73
Tsiafajavona.	19° 21′ S.	2,630	1.07	1.1	0.8	0.7

On voit aussitôt les différences. Le premier minimum celui de 4 heures du matin varie peu dans les quatre stations, légèrement plus fort cependant à Batavia. De même dans les trois stations de latitude équivalente la remontée du baromètre est égale pour le maximum du matin, et plus faible qu'à Batavia. Les différences s'accentuent fortement lors de la double oscillation de la soirée. Identique à Maurice et à Tananarive, elle a une valeur double de l'amplitude du Tsiafajavona, et surpasse à peine la moitié de la marée de Java.

Donc pour nos latitudes la variation du baromètre dans les oscilla-

tions du matin change peu avec l'altitude, et minimum ou maximum s'écartent également de la ligne de référence.

Dans l'après-midi et la soirée, au contraire, les oscillations sont deux fois plus faibles en montagne qu'en plaine, et quatre fois plus faibles au point culminant de l'Ankaratra qu'au niveau de la mer à l'Équateur.

Ces chiffres sont établis pour des valeurs moyennes. Si l'on voulait étudier l'action d'éléments à époque ou durée variables, par exemple l'influence de la position du soleil sur la marée, il faudrait procéder par analyse détaillée. Ce fait n'a pas besoin de commentaire plus long : simple question de bon sens.

B. Influence de la saison sur l'amplitude a Tananarive. — Le tableau suivant (tableau 2) donne les valeurs mensuelles des hauteurs de marée à Tananarive. On remarquera que, contrairement à l'usage, nous commençons par le mois de juillet : la progression des variations paraît en effet intimement liée avec le mouvement du soleil en déclinaison; on l'aperçoit plus aisément en prenant pour point de départ l'époque où la distance zénitale solaire, d'abord maximum se rapproche ensuite de zéro pour changer de sens en décembre et janvier et reprendre ensuite sa marche croissante jusqu'au solstice de juin.

Tableau 2. — **Valeurs mensuelles de la marée barométrique à Tananarive.**

	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	MOYENNE
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1er minima nocturne . .	0.86	0.92	1.03	1.07	1.09	1.09	0.97	1.02	1.07	1.03	0.91	0.89	0.99
1er maxima diurne . . .	1.06	1.07	1.12	1.21	1.12	1.03	0.95	1.00	1.07	1.09	1.12	1.08	1.07
2e minima diurne. . . .	1.60	1.69	1.85	2.02	2.03	1.98	1.93	1.84	1.83	1.72	1.68	1.54	1.80
2e maxima nocturne . .	1.39	1.56	1.77	1.96	2.03	2.05	1.92	1.90	1.83	1.63	1.48	1.35	1.73

Un bref commentaire de ce tableau ne sera pas hors de saison.

1° *Amplitude nocturne* (de 22 heures à 4 heures). — L'amplitude est minimum en juillet, 0 mm. 86; elle augmente ensuite, en d'autres termes la vague de marée se creuse, et devient maximum en novembre-décembre, époque du passage du soleil au zénith de la station d'abord, époque du solstice ensuite. Le recul brusque de janvier est une anomalie qui, comme

celle moins sensible de février, pourrait provenir des irrégularités barométriques causées par les cyclones, plus fréquents à cette époque de l'année, et dont l'influence ne peut être éliminée totalement. En mars l'amplitude a repris la valeur 1.07 et la variation se poursuit de nouveau graduellement, diminuant jusqu'au solstice de fin juin. On pourrait d'ailleurs tenter une autre explication de l'anomalie par l'accroissement de la distance zénitale du soleil entre ces deux passages au zénith. Nous ne faisons que mentionner cette hypothèse.

2° *Premier maximum diurne* : remontée du baromètre entre 4 et

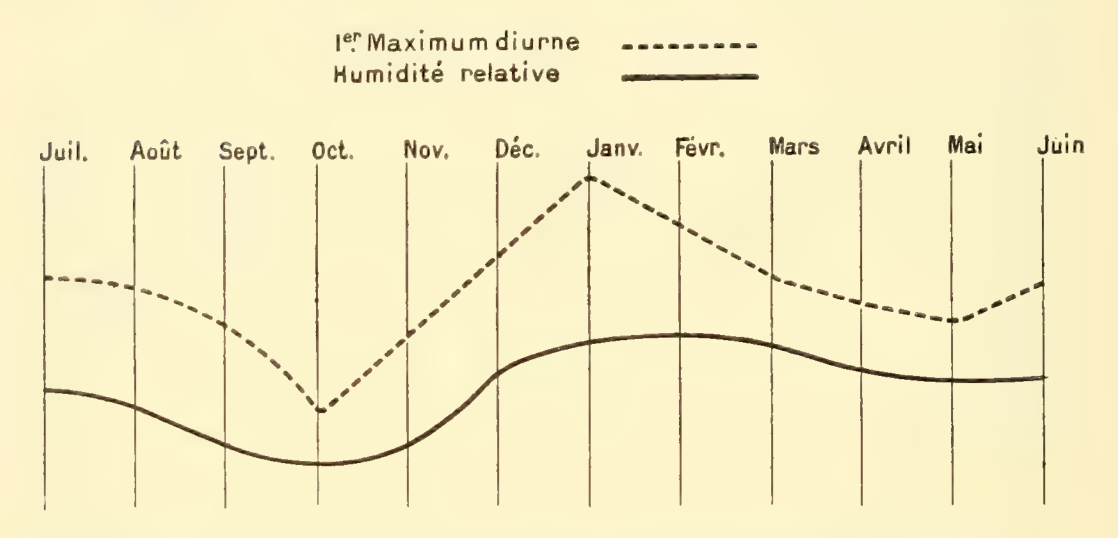


Fig. 2. — Pression et humidité relative. Premier maximum diurne. Humidité relative.

9 heures. — L'allure de la variation n'est plus la même : la hauteur de la vague croît de juillet à octobre, décroît de novembre en janvier, reprend une marche ascendante de février à mai, passe enfin par un nouveau minimum en juin.

Nous voyons ici un parallélisme assez net avec la courbe des variations de l'humidité relative (fig. 2).

Ce rapprochement n'est pas fait au hasard : le premier maximum diurne de la pression barométrique se produit en effet dans la matinée, instant de la journée où l'humidité est notable, par suite de la rosée, si abondante sur le Plateau Central, qui recouvre tous les objets exposés

au rayonnement intense de ces heures calmes; il semble donc rationnel d'examiner si les variations de la marée ne sont pas liées à l'état hygrométrique de l'air et à sa force expansive. Nous avons mis en regard les valeurs mensuelles du premier maximum inscrites dans le tableau, et celles de la moyenne mensuelle de l'humidité relative. L'accord paraît satisfaisant, sauf peut-être pour janvier.

3° *Amplitude diurne* (de 9 à 16 heures). — C'est l'oscillation la plus

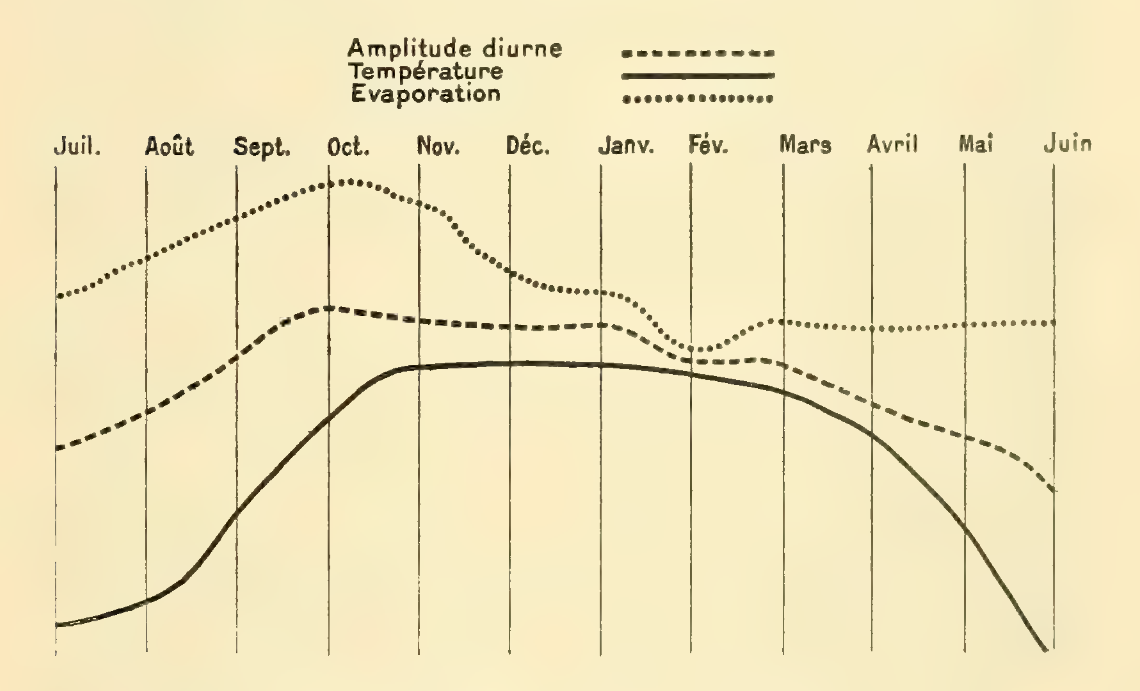


Fig. 3 — Amplitude diurne. Température. Évaporation.

forte de la journée. La vague est minima en juin, se creuse progressivement jusqu'en novembre, et redescend sans à coup de décembre à juin. Ce sont les époques des solstices. L'action du soleil sur l'atmosphère ayant pour effet principal le réchauffement de l'air par l'intermédiaire de la radiation du sol, rien de surprenant si, sous forme graphique, les variations d'amplitude montrent une corrélation directe avec la marche de la température de l'air.

Le Père Colin a eu l'idée de comparer encore ces deux tracés à celui de l'évaporation (fig. 3).

Il est remarquable en effet que la courbe des variations de l'amplitude barométrique diurne paraît à chaque instant la résultante des deux autres.

De juillet à octobre, période où l'air est loin de son point de saturation, la hausse thermique est accompagnée d'une augmentation d'eau évaporée, la marche ascendante des trois courbes est simultanée.

Il n'en est plus de même pendant la saison pluvieuse. De novembre à février des phénomènes de météorologie dynamique interviennent; sous l'action de la mousson les orages deviennent à peu près quotidiens dans la soirée. Par suite la nébulosité plus forte sert de régulateur à la température qui n'augmente plus que la nuit, tandis qu'elle a tendance à monter moins haut l'après-midi : c'est un palier de la courbe. Avec les pluies l'humidité de l'air augmente, et l'évaporation diminue avec rapidité. La résultante sera donc plutôt descendante; c'est bien l'allure que présente la courbe des amplitudes, moins rapide cependant. De mars à juin c'est l'évaporation qui reste stationnaire alors que la température moyenne descend en pente raide; ici encore l'amplitude est en corrélation étroite avec la résultante.

On semble donc fondé à conclure que pendant une partie notable de l'année l'amplitude diurne est soumise à la fois à l'évaporation et à l'échauffement de l'air (mars à octobre); en dehors de ce temps l'un ou l'autre des deux facteurs peut avoir une influence prépondérante.

4° *Deuxième maximum, ou maximum nocturne* (22 heures). — Cette quatrième oscillation est la plus régulière de toutes; peut-être les écarts sont-ils plus faibles pour l'évaporation, la température, l'humidité relative, au moins à l'heure nocturne de ce maximum.

On sait par expérience qu'à 10 heures du soir la rosée se dépose déjà par temps clair sur les verres de nos lunettes, au point de gêner souvent les observations astronomiques. L'onde atmosphérique est plus faible en juin, plus forte en décembre — toujours les solstices.

5° *Équinoxes et solstices.* — Aux deux équinoxes de mars et septembre, dans chacune des deux ondes de marée il y a équivalence entre la hausse et la baisse, la vague du soir étant plus forte que celle du matin; cette

égalité étant plus parfaite en mars; de plus cette double valeur est sensiblement la même en septembre qu'en mars.

Aux solstices du 21 juin et du 22 décembre, l'influence du soleil se manifeste dans l'amplitude diurne. La valeur du maximum du matin est 0.95 le 21 juin, 0.99 le 22 décembre — mais en juin, lorsque le soleil est le plus éloigné de notre zénith, la différence des hauteurs barométriques entre 9 heures et 16 heures est seulement 1 mm. 55; elle atteint au contraire 1 mm. 91 lorsque le soleil est à sa déclinaison australe maxima.

C. Influence de l'altitude du lieu sur l'amplitude. — Le Père Colin a longuement étudié l'influence de l'altitude du lieu d'observations sur les pressions barométriques et températures. Il avait eu en effet la bonne fortune de pouvoir installer non sans efforts, quelques instruments sur la cime du mont Tsiafajavona (2,630 m.), le plus haut sommet de l'Ankaratra, à 54 kilomètres de Tananarive, et l'un des points culminants de l'île.

Dans un abri en pierres sèches étaient placées un barothermographe de Richard et des thermomètres à maxima et minima. Le sommet du Tsiafajavona n'est pas habité. Le Père Colin avait procédé lui-même à l'installation en octobre 1913, et transporté sur place un baromètre Fortin et un thermomètre de précision pour régler l'enregistreur. Une deuxième comparaison avec les mêmes instruments fut ultérieurement effectuée par le Père Aurand, adjoint au directeur de l'observatoire, le 20 avril 1915.

Chaque semaine deux miliciens indigènes venaient remonter le mouvement d'horlogerie et changer la feuille d'enregistreur. Ils notaient en même temps la température, ainsi que le maximum absolu et le minimum absolu de la semaine : ces trois valeurs servant à vérifier le thermogramme hebdomadaire.

L'enregistreur du Tsiafajavona a fonctionné régulièrement jusqu'au 21 mars 1916. A cette date le Père Colin reçut avis que l'instrument avait disparu, probablement volé. Longtemps après l'enregistreur fut retrouvé, presque sur place, avarié et dissimulé sous des pierres. Repentir tardif d'un larron? — ou plus simplement désir d'éviter la corvée d'une

ascension hebdomadaire sur un pic désert? Les résultats de deux années complètes ont paru suffire aux buts qu'on se proposait, et on n'a pas jugé nécessaire de rétablir un météorographe sur le point culminant de l'Ankaratra.

Malgré la faible durée de cette série, le Père Colin y insiste, d'une part à cause de la rareté de résultats obtenus sous nos latitudes à pareille hauteur au-dessus du niveau de la mer; de plus le désaccord fréquent entre ces relevés et les observations simultanées de Tananarive peut donner des indications précieuses sur la distribution horizontale et verticale des pressions et des températures, sur la propagation des perturbations, peut-être sur des discontinuités.

Nous ferons donc état des deux années d'observations du Tsiafajavona soit en ce qui concerne les pressions atmosphériques soit plus loin pour les températures.

Voici les valeurs mensuelles de la marée barométrique au sommet du Tsiafajavona :

TABLEAU 3. — **Valeurs mensuelles de la marée barométrique sur le Tsiafajavona.**

	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	MOYENNE
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1er minimum.	1.05	1.15	1.30	1.30	1.15	1.20	0.95	0.90	1.05	1.00	0.90	0.89	1.07
Maximum du matin. . .	1.05	1.10	1.25	1.15	1.15	1.15	1.40	1.45	1.10	0.80	1.05	1.05	1.08
Minimum après-midi . .	0.50	0.55	0.95	0.95	0.95	0.95	0.90	0.90	0.90	0.80	0.75	0.65	0.79
Maximum nocturne . .	0.50	0.65	0.85	1.10	0.90	0.95	0.95	0.85	0.95	0.80	0.65	0.55	0.80

Une comparaison de ces résultats avec ceux de Tananarive révèle de telles divergences, qu'une discussion séparée de chacune des quatre phases devient nécessaire. Il faut remarquer que si la différence d'altitude n'est pas excessive (Tananarive, 1,380 m.; Tsiafajavona 2,630 m.), l'emplacement topographique est cependant d'autre sorte. L'observatoire se trouve sur une colline dépassant de peu un vaste plateau, l'autre poste est sur un point culminant; c'est toute la distinction entre pression de montagne et pression de plateau qui donna lieu naguère à des recherches bien connues.

1° *Amplitude nocturne.* — On a vu qu'à Tananarive le minimum de 4 heures se creuse de juillet à décembre. Dans le poste de montagne le mouvement s'arrête en octobre, novembre marque un recul, avec un nouveau maximum relatif en décembre. En janvier et février rétrogradations qu'on peut rapprocher de celles de Tananarive. En mars un maximum relatif aux deux stations, suivi de la diminution jusqu'au solstice.

Il y a donc parallélisme et dépendance de la température depuis mars jusqu'aux chaleurs d'octobre. La cause des anomalies qui suivent ne nous paraît pas nette.

2° *Maximum barométrique du matin.* — L'allure des variations est nettement différente entre le plateau et le sommet. Sans doute les moyennes du Tsiafajavona, qui ne portent que sur deux années, sont-elles assez incertaines. Les écarts de température et de pression qui s'accentuent, l'humidité relative qui nous reste inconnue ne permettent guère une appréciation motivée. Tout ce que nous croyons pouvoir dire c'est que la physionomie de cette phase sur le Tsiafajavona paraît assez spéciale.

3° *Minimum de l'après-midi.* — L'amplitude diurne est des quatre variations celle qui semble la plus régulière, sans doute parce que les conditions d'échauffement et de refroidissement alternatif de l'atmosphère sont plus uniformes au cours de la journée. Si l'on traduit graphiquement les résultats des tableaux, on voit un parallélisme marqué entre les variations de l'amplitude diurne sur le plateau et sur la montagne. Une légère différence apparaît entre février et mai.

4° *Maximum de 22 heures.* — La décroissance de température aux deux stations est loin de se faire de la même manière au cours de la soirée. Parallélisme de juillet à octobre. A ce moment le sommet est au maximum, le plateau n'y parvenant que deux mois plus tard. Il y a encore au sommet une inflexion secondaire en février. Ce sont là des moyennes. En réalité le maximum nocturne disparaît fréquemment au Tsiafajavona en juin-juillet; à cette époque on trouve à la fois les trois notes suivantes : forte baisse de température, humidité relative élevée, vent très faible ou nul. Dans ces conditions le maximum nocturne est peu

apparent même à Tananarive, et l'on observe alors du brouillard aux premières heures de la journée.

§ 2. HEURES TROPIQUES DE LA MARÉE

Voici encore un point où la marée atmosphérique se montre bien différente de l'océanienne. Cette dernière en dépendance directe du mouvement de la lune n'a jamais ses hautes mers ou ses basses eaux à la même heure pendant plusieurs jours consécutifs. De là l'usage des annuaires spéciaux, si nécessaires aux marins de l'Océan.

Les phases de la marée atmosphérique, qui n'est pas régie par notre satellite, sont séparées par des intervalles de temps sensiblement égaux. Les maxima et minima se produiront donc chaque jour sensiblement à la même heure.

Les instants ne seront pas absolument les mêmes à l'Équateur qu'à Madagascar, et dans notre île il y aura des divergences entre l'instant du minimum sur la côte, sur le plateau, sur l'Ankaratra.

Ici la documentation nous manque pour dresser un tableau de ces divergences, bien qu'une telle liste soit désirable pour la discussion de certains problèmes météorologiques. Nous ne ferons usage que des seuls résultats de l'observatoire de Tananarive et nous nous bornerons à mettre nos lecteurs en garde contre une exagération de langage qui se retrouve dans plusieurs traités de physique et même de météorologie.

Dans les régions intertropicales, y est-il dit, le baromètre a pendant la période diurne une marche tellement régulière qu'on pourrait s'en servir, comme on fait d'une montre, pour connaître l'heure. Il ne faut voir là qu'un à peu près, car voici ce que nous constatons à Madagascar, en vrai pays tropical.

1° L'instant du minimum du matin est compris entre 3 et 4 heures, en octobre, novembre et décembre, il est voisin de 4 heures en janvier, février, mars et en août, septembre; il retarde en mai, juin, juillet où il a lieu entre 4 et 5 heures.

2° Le maximum du matin est en janvier parfois à 8 heures et parfois à 9 heures; aux environs de 9 heures de septembre à décembre, comme

en février-mars; il retarde entre 9 et 10 heures en avril, mai, juin, août; on le trouve communément à 10 heures en juillet.

3° Le grand minimum de l'après-midi est à 15 heures en juin, juillet, août; il oscille entre 15 et 16 heures en avril, mai, septembre; pendant les autres mois il se tient aux abords de 16 heures et il n'est pas rare en janvier de l'observer seulement à 17 heures.

4° Nous voyons le maximum nocturne à 22 heures en octobre, novembre, février; à 23 heures en janvier, entre 22 et 23 heures le reste du temps.

Les heures tropiques surviennent plus tôt le matin, plus tard le soir pendant la saison chaude et orageuse; l'inverse a lieu en saison fraîche.

L'horloge barométrique a donc sous nos climats des irrégularités de marche dont il faut tenir compte et qui la rendent moins précise que la plus médiocre de nos pendules. A vrai dire, plus d'un météorologiste des régions tempérées paraît n'avoir guère soupçonné ces anomalies; il y faut voir l'action du mouvement du soleil en distance zénitale, de l'inégalité des jours et des nuits, des variations de température, dont en particulier l'écart entre les chiffres diurne et nocturne est bien différent sur le plateau suivant la saison.

Enfin on sait, tous les météorologistes tropicaux y ayant insisté, combien le régime de la marée, amplitudes et heures tropiques, peut être modifié par le passage des perturbations accidentelles, de grande étendue ou de faible rayon.

§ 3. JOUR BAROMÉTRIQUE MOYEN

Grâce à l'emploi généralisé des instruments enregistreurs, ou barographes dont il existe tant de bons modèles, il devient facile de compulser de longues séries d'observations continuées sans interruption pendant des années. Il est dès lors loisible de déterminer la pression moyenne à chaque heure du jour, et si l'on possède un nombre suffisant de diagrammes, l'effet des perturbations accidentelles s'amoindrira, tendra à disparaître. Ces valeurs moyennes, auxquelles on n'attache pas d'ail-

leurs plus d'importance qu'il ne convient, fournissent un moyen commode de comparer entre elles des stations éloignées ou placées à des niveaux différents. Les marins des mers de Chine savent aussi comment les valeurs moyennes de la pression, non plus pour un jour idéal, mais pour tel instant de la saison et tel lieu sont avantageuses à l'observateur isolé qui redoute la rencontre d'un typhon.

Le jour barométrique de Tananarive a été calculé par le Père Colin à l'aide des diagrammes de vingt-deux années entières. Il a paru superflu au rédacteur d'ajouter sept ou huit ans de plus.

Pour le Tsiafajavona, nous possédons seulement vingt-sept mois consécutifs; les renseignements sont bons à noter, sous un climat régulier, sans donner des garanties aussi grandes. Enfin l'opuscule très complet et très exact de M. Claxton : *Climate of Pamplemousses* nous a fourni les valeurs horaires pour Maurice.

Le baromètre de Maurice passe par sa hauteur moyenne (annuelle) à 2 h. 30, donc une heure plus tard que celui de Tananarive; il y revient un peu avant 6 heures et midi, en même temps que le nôtre; enfin pour la quatrième fois à 18 h. 30, une heure plus tôt que nous. Les heures tropiques du matin, 4 et 9 heures concordent entre les deux observatoires, le soir le minimum a lieu à Maurice à 15 heures et à 16 heures seulement à Tananarive. Enfin le maximum de la nuit est à 22 heures dans la première station, tandis qu'il se prolonge ici jusqu'à 23 heures.

Ces légères divergences s'expliquent par l'altitude, qui est 60 mètres pour Maurice et 1,381 pour l'observatoire de Tananarive. Non seulement les deux amplitudes diurne et nocturne sont moins accentuées dans les pays de montagnes que dans les régions basses (et ceci apparaîtra encore plus nettement au Tsiafajavona), mais les heures tropiques du soir ne concordent pas entre le plateau et le littoral.

Le jour moyen du barographe installé au sommet du Tsiafajavona met encore ceci en meilleure lumière. Pour rendre les observations plus comparables, on a calculé le jour moyen de Tananarive dans la même période de temps 1914 à 1916. En voici les résultats :

Tableau 4. — **Jour barométrique moyen au Tsiafajavona et à Tananarive (Observatoire); moyennes de la période 1914-1916.**

	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h
Tsiafajavona. . .	559.2	558.9	558.7	558.6	558.5	558.6	558.8	559.0	559.2	559.4	559.5	559.4
Tananarive. . . .	651.7	651.4	651.1	650.9	650.9	651.1	651.4	651.8	651.9	652.1	651.9	651.6

	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
Tsiafajavona. . .	559.2	559.0	558.9	558.8	558.8	558.9	559.1	559.3	559.4	559.5	559.4	559.4
Tananarive. . . .	651.3	650.8	650.3	650.2	650.2	650.5	650.8	651.3	651.7	652.0	652.1	651.9

1° *Passage à la pression moyenne annuelle.* — Il a lieu quatre fois par 24 heures, soit à 0.30 7, 13, 17.30 au sommet, 1.30 6, 12, 19.30 sur le plateau. C'est donc une différence d'une heure — sommet en avance pour le premier et le troisième, en retard pour le second et une avance de 2 heures du Tsiafajavona pour le passage du soir, la température de la montagne ayant baissé plus vite que celle du plateau.

2° L'heure tropique de la marée basse du matin, 4 heures, est sensiblement la même en haut et en bas; ce minimum est un peu plus prononcé dans la montagne (1.07 contre 0.99). La marée haute du matin est plus tardive d'une heure à Tananarive (10 contre 9), et même hauteur aux deux endroits. La marée baisse plus vite et moins profondément au sommet, qui atteint son minimum à 15 heures, au lieu de 16 à l'observatoire; enfin la remontée du soir s'achève à 21 heures sur la montagne, plus tôt qu'en bas (22 heures) et cette oscillation est moins prononcée.

3° Le maximum du matin se produisant plus tard et le minimum suivant plus tôt sur le Tsiafajavona, l'onde de marée subirait ainsi une variation de vitesse de 123 mètres à l'heure.

Le Père Colin expose ici son explication personnelle sur les causes de la marée diurne. Le rédacteur de 1927 reproduit ce texte sans y changer un mot par respect pour son prédécesseur.

Les résultats synoptiques mensuels et annuels développés au cours des paragraphes précédents, les conditions exceptionnellement régu-

lières des instruments et du calme atmosphérique dans lesquelles se trouve Madagascar pendant une grande partie de l'année, la longue série d'observations obtenues en plusieurs lieux, en diverses altitudes et latitudes, nous engagent à proposer une explication de la marée barométrique diurne, basée sur les états et mouvements de notre atmosphère.

Avant d'expliquer cette hypothèse, résumons les théories des météorologistes à ce sujet.

Jadis, plusieurs d'entre eux admettaient une attraction du soleil ou de la lune dont la force déterminait les marées atmosphériques pareilles à celles de l'Océan; système inadmissible puisqu'il suppose un maximum et un minimum à heures variables, comme on l'observe sur le rivage de la mer et qui est entièrement démenti par les faits.

(Le Père Colin reviendra d'ailleurs sur ce problème, en traitant des causes accidentelles de perturbations.)

Quelques modernes, mieux inspirés que leurs prédécesseurs font intervenir dans la marée diurne l'action thermique du soleil qui produirait des courants ascendants d'air chaud; d'autres ajoutent à cet élément l'état hygrométrique de l'air et sa force expansive; les plus récents complètent enfin ces données par la superposition de deux ondes d'origine et de caractère différents; la première aurait une corrélation avec la déclinaison du soleil et la latitude de la station; la seconde avec la variation de température dans les couches inférieures de l'atmosphère.

Le lecteur a eu l'occasion de remarquer maintes fois dans cette étude les relations de l'onde diurne avec la latitude, l'altitude, les diverses déclinaisons du soleil, l'humidité, l'évaporation et la température; ces diverses causes géophysiques et cosmiques ont une action efficace sur la marée barométrique.

L'hypothèse suivante n'a certes pas la prétention de solutionner toutes les difficultés, ni de fixer d'une manière définitive l'état de la question. Elle tâche de fusionner un ensemble d'éléments au premier abord hétérogènes, de relier ensuite cette diversité de phénomènes par des intermédiaires physiques qui se trouvent en rapport direct avec les quatre variations diurnes de la pression. Nous utiliserons à cet effet les

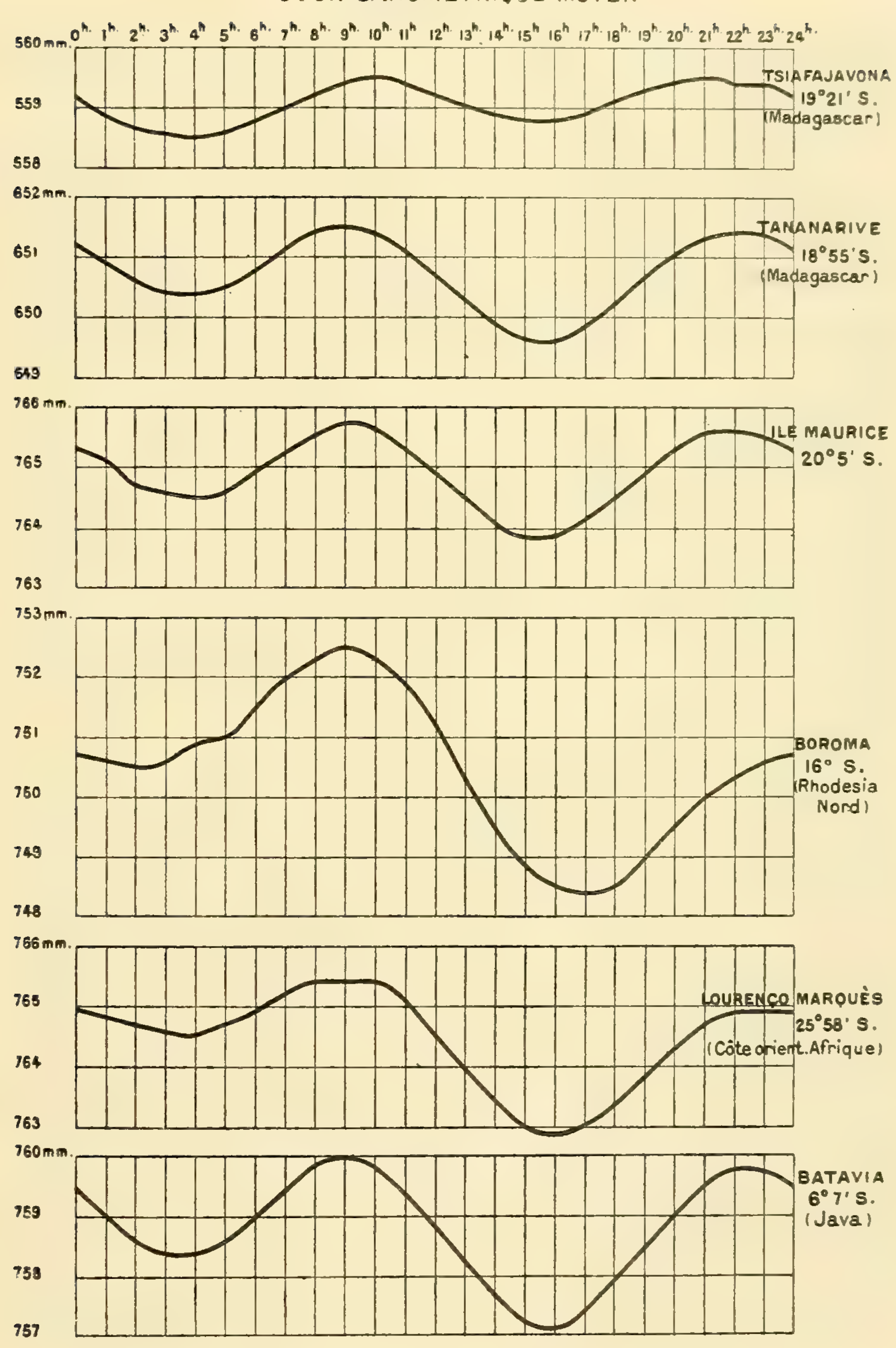


Fig. 4. — Jour barométrique moyen en divers lieux de l'hémisphère Sud.

résultats de 6 barographes, Tsiafajavona, Tananarive, Batavia, Maurice, Lourenço-Marquès et Boroma, ce dernier situé dans l'intérieur de l'Afrique australe et dans un centre thermique.

1° *Premier minimum nocturne.* — Remarquons que durant cette phase soustraite à toute présence du soleil, la valeur de l'amplitude acquiert une certaine constance sauf en Afrique : Batavia 1mm. 1, Tananarive 0 mm. 99, presque 1 mm. Tsiafajavona 1 mm. 07, Maurice 1 m. 1, Boroma 0 mm. 2, Lourenço-Marquès 0 mm. 4, ensuite que la baisse barométrique coïncide à la fois avec celle de la température et le mouvement des courants aériens descendants.

Cette oscillation uniforme de la pression sous les latitudes équatoriales et tropicales doit être attribuée en majeure partie à la perte régulière de chaleur causée par le rayonnement, et à la circulation de l'atmosphère pendant ces premières heures de la journée. Voici comment pourrait s'effectuer le premier minimum nocturne.

Sous l'effet du rayonnement, les couches atmosphériques inférieures du sol et de la mer se refroidissent plus que celles situées à une altitude supérieure; les premières se contractent.

En retour, un volume d'air égal à celui qui s'est contracté arrive à chaque instant des régions supérieures vers les inférieures afin de rétablir l'équilibre. Sur mer et sur le littoral dont la température reste assez constante à cause de l'absorption du calorique par les eaux, les conditions de temps conservent une grande stabilité, aussi le baromètre et le thermomètre parviennent à leur minimum généralement vers 4 heures. Dans les stations continentales élevées où la nature du sol et l'état du ciel agissent sur le rayonnement, le moment du minimum varie suivant les saisons de 3 à 5 heures. En outre, durant cette période nocturne, nous observons ici ou le calme, ou un vent faible. Les couches aériennes régulièrement superposées d'après l'ordre de leur densité et en équilibre n'exercent aucune influence sur la baisse du baromètre et du thermomètre.

2° *Premier maximum diurne.* — L'état de l'atmosphère change complètement après le lever du soleil. D'une part les rayons de cet astre échauf-

fent plus ou moins le sol sur les continents ou bien la surface liquide sur mer, suivant la latitude et l'altitude de la station; ainsi le premier maximum diurne de Batavia 1.5 et Maurice 1.2 est légèrement plus élevé que celui de Tananarive ou du Tsiafajavona, 1.1 (Boroma 2 mm. 0, Lourenço-Marquès 0.9). Les couches aqueuses ou terrestres suivant le cas, cèdent leur calorique à l'espace ambiant; l'air contient alors un fort degré d'humidité; l'expansibilité de sa vapeur d'eau augmente; ses molécules dilatées s'élèvent par suite de leur légèreté spécifique.

D'autre part, la haute atmosphère conserve, en vertu de sa diathermanéité, une basse température. Durant la matinée la masse aérienne présente donc des conditions d'équilibre instable, puisque contrairement aux lois de la pesanteur, les zones les plus denses occupent la partie supérieure, et les zones les plus légères la partie inférieure. De là un déplacement des molécules qui s'agitent, se mélangent, finissent par détruire cette inversion et rétablissent l'équilibre. Ainsi s'expliquerait pourquoi, dans nos régions, le vent se lève d'ordinaire vers les 9 heures et souffle avec une intensité croissante, jusqu'au soir; durant cette phase de la journée, un échange continu et progressif se produit entre la basse et la haute atmosphère. Les molécules dilatées affluent vers le haut, compriment les couches supérieures; combinées avec le phénomène périodique de la marée aérienne, elles déterminent l'ascension du baromètre jusque vers 9 heures dans les stations maritimes ou dans les stations continentales de faible altitude.

Sur les montagnes de notre île et dans les localités du plateau central dont la hauteur surpasse 1,000 mètres, le maximum barométrique éprouve un retard très rationnel. En effet de même que l'emploi d'une eau glaciale, dans l'alimentation d'une machine à vapeur mise en pression, demandera un temps plus long et exigera plus de calories aux dépens du combustible qu'avec l'emploi d'une eau tiède, de même, l'air et le sol se refroidissant la nuit à cette hauteur beaucoup plus que dans les basses stations, exigeront un temps assez considérable pour atteindre le degré de température qui, au moment précis, produira la dilatation des molécules aériennes.

L'heure de la hausse barométrique modifiée par cette circonstance thermique, a lieu nécessairement plus tard que dans les basses régions, entre 9 et 10 heures. Comme nous le verrons dans le chapitre de la température sur le Tsiafajavona, station dans laquelle ces facteurs de refroidissement et de résistance atteignent un degré exceptionnel d'intensité, l'influence retardatrice s'y manifeste plus que partout ailleurs; la pression parvient à son maximum à 10, 11 et parfois même 12 heures.

3° *Deuxième minimum diurne.* — Avant de rendre compte du deuxième minimum diurne, il est bon de rappeler sommairement quelques notions thermiques et cosmographiques. Le mouvement du soleil au-dessus de l'horizon, l'obliquité de ses rayons, la différence des méridiens et des heures locales entre les régions situées à l'Est et celles de l'Ouest, causent une répartition inégale de chaleur suivant un même parallèle de latitude. Dans les stations météorologiques de la côte orientale de Madagascar, par exemple, le thermomètre montera le matin, et baissera le soir un peu plus tôt que dans le Plateau Central. En outre, l'évaporation activée par la température contribue largement au développement des courants aériens ascendants.

A ces quelques considérations, il convient d'ajouter que le fort minimum diurne de Batavia 2 mm. 7, de Lourenço-Marquès 2 mm. 5, de Boroma en Afrique australe 4 mm. 1, ensuite que les deux valeurs moindres de Tananarive et de Maurice 1 mm. 80 et 1 mm. 74 démontrent d'une part l'action du calorique solaire sur la pression, puisque la température augmente au voisinage de l'équateur et au centre thermique sud-africain, et qu'elle diminue dans nos pays tropicaux; d'autre part le faible résultat obtenu sur le Tsiafajavona 0.79 prouve qu'à cette altitude le rayonnement même diurne influe à son tour sur le baromètre. Ces deux effets physiques unis aux notions précédentes nous permettent d'expliquer l'amplitude diurne de la manière suivante.

A un moment donné, la masse aérienne supérieure de la contrée orientale se refroidit par suite des rayons solaires obliques et du rayonnement : ces molécules denses descendent vers les régions inférieures. Dans les contrées occidentales, les courants ascendants d'air chaud, précédem-

ment emprisonnés par le haut et par les côtés, trouvent enfin dans la direction Est une issue par laquelle ils peuvent se déverser en toute liberté. La circulation atmosphérique offrirait alors cet aspect sous nos climats. Au moment du maximum barométrique, deux courants opposés s'établissent dans l'atmosphère, l'un inférieur et frais, alizé, se dirigeant vers la région de l'Ouest, l'autre supérieur et chaud vers la région froide de l'Est. Tant que persiste l'échauffement des molécules aériennes, l'écoulement s'opère vers les régions supérieures sans difficultés; le cycle est complet; mais dès que la chaleur diminue dans l'après-midi, le courant ascendant s'affaiblit et finalement cesse.

Le statoscope Richard met bien en évidence l'effet produit sur les dernières ondes d'air dilaté. La courbe descend d'une manière plus régulière, puis après une durée d'une à deux secondes au plus, le baromètre remonte comme s'il obéissait au passage d'une vague de froid sur l'endroit même. En mer et dans les contrées de faible altitude, le minimum a lieu d'ordinaire vers 16 heures.

A 2,630 mètres, la pression reste stationnaire de 15 à 16 heures; il est fort possible que l'air chaud affluant pendant la soirée des vallées voisines vers le sommet neutralise l'effet de la vague de froid et retarde ainsi le moment de la hausse barométrique.

Dans les contrées d'une altitude supérieure à 1,000 mètres, le minimum se manifeste tantôt vers 15, tantôt vers 16 heures, conditions peu fixes qui dépendent de l'interruption du courant ascendant et de la direction du vent. En particulier les vents équatoriaux d'Ouest et Nord-Ouest généralement chauds, ont la propriété de développer les courants ascendants et par là même de retarder leur circulation dans l'atmosphère.

4° *Deuxième maximum nocturne.* — Les résultats du maximum nocturne, 2 mm. 5 à Batavia, 2 mm. 0 à Lourenço-Marquès, 1 mm. 73 à Tananarive, 0 mm. 7 sur le Tsiafajavona, 1 mm. 72 à Maurice, comparés avec ceux du deuxième minimum diurne, démontrent encore une fois la perte de calorique qu'amène le rayonnement.

Dans cette quatrième phase de la variation diurne, l'effet barométrique dépend en grande partie de la différence de température entre les masses

d'air supérieures et inférieures. Les couches inférieures se refroidissent-elles plus que les supérieures à cause du rayonnement, de l'évaporation ou d'un mélange entre elles, cette inégalité jointe à leur densité suffit à élever la colonne mercurielle une seconde fois en 24 heures; si les deux couches restent également humides, calmes et froides, le deuxième maximum deviendra à peine sensible, voire même nul.

Comme nous l'avons indiqué précédemment, ce dernier cas est fréquent à Tananarive et sur le Tsiafajavona, lors des aires anticycloniques qui réalisent ces conditions favorables : forte baisse du thermomètre avant le lever du soleil, et degré considérable d'humidité dans l'espace.

Résumons les principaux traits de cette synthèse; la variation diurne nous semble résulter de deux causes distinctes, la première assez analogue à une marée solaire possède une période uniforme et régulière de 12 heures. La deuxième, très complexe, puisque dans ce groupe de forces continues il est difficile d'assigner la part exacte de chaque composante, serait constituée d'abord par deux facteurs cosmiques, déclinaison du soleil et de lune, attraction, passage de ces astres au méridien et au zénith du lieu, ensuite par des facteurs physiques, température de l'air, vapeur d'eau et vents; plusieurs effets de ces éléments situés dans les couches inférieures de l'atmosphère sont fidèlement inscrits sur les diagrammes des instruments; mais d'autres, disséminés dans les couches supérieures, par exemple la température et l'humidité, la direction des courants aériens supérieurs échappent aux moyens actuels d'enregistrement continu et même à toute analyse. Cet ensemble de composantes, les unes connues, les autres inconnues, se greffe sur le premier phénomène, en modifie la marche, et cause les irrégularités de faible importance dans la variation diurne.

Le transcripteur de 1927 croit pouvoir ajouter ici quelques mots. L'explication tentée par le Père Colin, après beaucoup d'autres, de la double marée barométrique, n'apporte pas d'élément d'information vraiment neuf. Il suffirait par exemple de la comparer à l'exposé donné par Humphreys au chapitre XII de son beau traité *Physics of the air* (Philadelphia, 1920). L'analyse harmonique a permis de décomposer la

courbe barométrique diurne en deux composantes sinusoïdales. L'une, à période de 24 heures, correspondrait assez exactement à ces fluctuations produites par les alternatives d'expansion de l'air échauffé et de contraction par refroidissement. Le flux horizontal y est aussi noté. On reconnaît là les causes physiques invoquées à juste titre par le Père Colin.

Le deuxième sinusoïde est à période de 12 heures; les auteurs ne se sont pas encore accordés sur ses causes, où semble intervenir l'élasticité de la masse atmosphérique entourant notre globe. Elle correspond aux influences dites cosmiques dans l'analyse du Père Colin. Quant à l'influence réelle mais infime de l'attraction directe par la lune, et à celle négligeable franchement du soleil et des autres corps célestes, on la trouvait résumée par Humphreys (*op. cit.*, p. 239) et plus en détail dans une brochure de l'observatoire royal de Greenwich. Nous y reviendrons dans un chapitre spécial, vers la fin du présent volume (voir appendice I).

CHAPITRE III

VARIATIONS MENSUELLES DE LA PRESSION. LEUR RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE

Ayant discuté dans le chapitre précédent les variations diurnes de la pression atmosphérique, c'est-à-dire la double marée quotidienne, si remarquable en pays tropical, nous sommes conduits à aborder le problème des variations saisonnières du baromètre.

Il est commode de grouper les observations suivant ces intervalles de temps qui nous sont familiers sous le nom de mois, et c'est le procédé qui sera utilisé ici. On ne se dissimulera pas, au reste, que ce fractionnement artificiel n'est pas le meilleur possible; nos mois civils n'ont pas tous rigoureusement la même longueur, et cette irrégularité constitue un désavantage; de plus l'origine purement arbitraire du premier jour a été assez malencontreusement choisie pour que le début de chaque

saison tombe du 20e au 22e jour de mars, juin, septembre et décembre. Le météorologiste n'est donc pas moins intéressé que l'astronome ou l'homme de la rue à souhaiter une réforme rationnelle du calendrier.

On examinera successivement les variations de la moyenne barométrique à Tananarive, puis sur le sommet élevé du Tsiafajavona, enfin, partie plus intéressante pour le climatologiste et pour maint autre lecleur, la répartition géographique des pressions moyennes mensuelles sera étudiée pour l'ensemble des stations de Madagascar, des Mascareignes et de la côte d'Afrique. Il sera ainsi loisible de présenter ces résultats sous la forme graphique d'isobares mensuelles, raccordant le réseau malgache au reste du monde.

§ 1. VARIATIONS A TANANARIVE

Le Père Colin a dressé à la fois un tableau et un graphique où se lit la pression barométrique moyenne à Tananarive pour chaque jour de l'année. Ce n'est qu'une œuvre de patiente statistique, puisqu'il suffit chaque jour de faire la moyenne arithmétique de vingt-quatre lectures du barographe Richard, dûment étalonné par des lectures directes sur baromètre à mercure (réduit à la température 0°). Vu les divergences qui subsistent entre professionnels sur les méthodes de réduction au niveau de la mer des observations barométriques pour les stations au-dessus de 800 mètres, nous nous contenterons ici des chiffres non corrigés pour l'altitude et la gravité. Plus loin, lorsqu'il s'agira de comparer entre elles toutes les stations du réseau pour lesquelles on ne conservera que des moyennes mensuelles, la réduction au commun niveau de l'Océan sera effectuée.

Possédant pour l'observatoire *Royal Alfred* de Maurice le tableau analogue, une comparaison entre les deux stations appelle les remarques suivantes :

1° L'époque moyenne des minima barométriques se manifeste à Tananarive du 29 janvier au 5 février, à Maurice du 5 au 9 février : la concordance est satisfaisante.

Tableau 5. — **Pression diurne moyenne d'après 23 années du barographe de Tananarive.**

JOURS	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1	649.43	648.02	648.30	649.89	650.99	651.73	652.96	652.82	652.70	651.59	650.81	649.35
2	49.34	48.19	48.22	49.39	50.96	51.52	52.09	53.54	52.53	51.51	51.09	49.43
3	49.20	48.24	48.29	49.44	50.82	51.46	53.37	52.34	52.74	51.44	51.11	49.50
4	49.21	48.00	48.29	49.61	51.00	51.51	53.30	52.31	52.92	51.37	50.91	49.28
5	49.21	47.97	48.28	49.58	51.28	51.69	53.02	52.74	52.77	51.36	50.60	49.26
6	48.91	48.07	48.32	49 72	51.40	51.86	53.08	52.97	52.69	51.45	50.47	49.28
7	48.61	48.23	48.32	49.58	51.43	52.13	53.20	53.05	52.83	51.43	50.54	49.36
8	48.05	48.41	48.41	49.73	51.24	52.29	53.18	53.00	53.10	51.27	50.54	49.37
9	48.89	48.47	48.53	49.45	50.82	52.14	53.12	52.86	52.84	51.11	50.52	49.38
10	48.74	48.45	48.47	50.08	50.82	52.20	52.90	52.96	52.30	50.92	50.38	49.30
11	48.63	48.24	48.23	50.04	51.13	52.30	52.98	52.94	52.13	50.79	50.42	49.13
12	48.60	48.36	48.17	50.01	51.39	52.14	53.22	53.12	52.22	51.03	50.60	49.37
13	48.60	48.32	48.45	50.12	51.38	51.91	53.45	52.98	52.31	51.07	50.83	49.54
14	48.47	48.24	48.60	50.49	51.46	52.19	53.30	52.63	52.36	51.32	50.81	49.69
15	48.42	48.27	48.82	50.64	51.81	52.57	53.01	52.64	52.28	51.53	50.86	49.53
16	48.49	48.25	49.06	50.39	52.14	52.81	52.87	52.81	52.21	51.60	50.73	49.35
17	48.45	48.26	48.88	50.07	52.15	52.86	52.86	52.85	52.18	51.39	50.32	49.44
18	48.48	48.36	48.93	50.01	51.83	52.92	52.82	52.77	52.22	51.37	50.19	49.43
19	48.34	48.64	48.87	50.12	52.24	52.90	52.65	52.80	52.20	51.25	50.23	49.03
20	48.35	48.71	49.01	50.03	51.54	52.75	52.65	52.66	52.18	51.07	50.35	48.76
21	48.09	48.55	48.83	50.07	51.38	52.81	53.06	52.58	51.11	51.03	50.29	49.04
22	48.00	48.49	48.70	50.05	51.53	52.75	53.34	52.86	52.16	50.97	50.07	49.28
23	48.22	48.53	48.74	50.33	51.74	52.63	52.82	53.18	52.36	50.96	50.21	49.48
24	48.27	48.46	48.95	50.36	51.74	52.45	52.97	53.17	52.29	50.90	50.38	49.42
25	48.45	48.35	49.29	50.72	51.61	52.29	52.97	52.77	52.34	50.82	50.23	49.52
26	48.47	47.93	49.15	50.97	51.55	52.43	52.76	52.74	52.27	50.90	49.95	49.66
27	48.59	48.01	49.03	51.02	51.45	52.32	52.71	52.68	51.12	50.74	49.66	49.62
28	48.31	48.14	48.98	50.94	51.58	52.50	52.65	52.43	51.91	50.51	49.41	49.74
29	47.97		49.41	50.93	51.60	62.74	52.90	52.43	51.90	50.68	49.24	49.58
30	48.04		49.66	50.95	51.74	52.89	52.86	52.86	51.68	50.70	49.31	49.42
31	48.13		49.86		51.80		52.93	52.90		50.65		49.38

Par contre les maxima surviennent à Tananarive du 1 au 14 juillet : c'est exactement un mois plus tôt qu'à Maurice, où on les trouve du 3 au 19 août. Nous retiendrons ce détail qui servira plus loin à fixer la direction prise, à l'arrivée et au départ de Madagascar par l'aire anticyclonique : sa propagation se fera d'Ouest vers l'Est.

2° Deux fois par an, à six mois d'intervalle et aux mêmes dates dans les deux stations, le baromètre marque sa hauteur moyenne annuelle (Tananarive 9 et 10 mai, 14-15 novembre; Maurice 12 mai, 14 novembre).

3° Si l'on rapproche les marches simultanées du baromètre et du thermomètre, des oppositions se produisent à certaines époques fixes, donnant lieu de croire qu'elles obéissent à une loi périodique.

On verra plus loin, aux chapitres relatifs à la température, que le maximum de chaleur observé sur les géothermomètres a lieu les 5 et

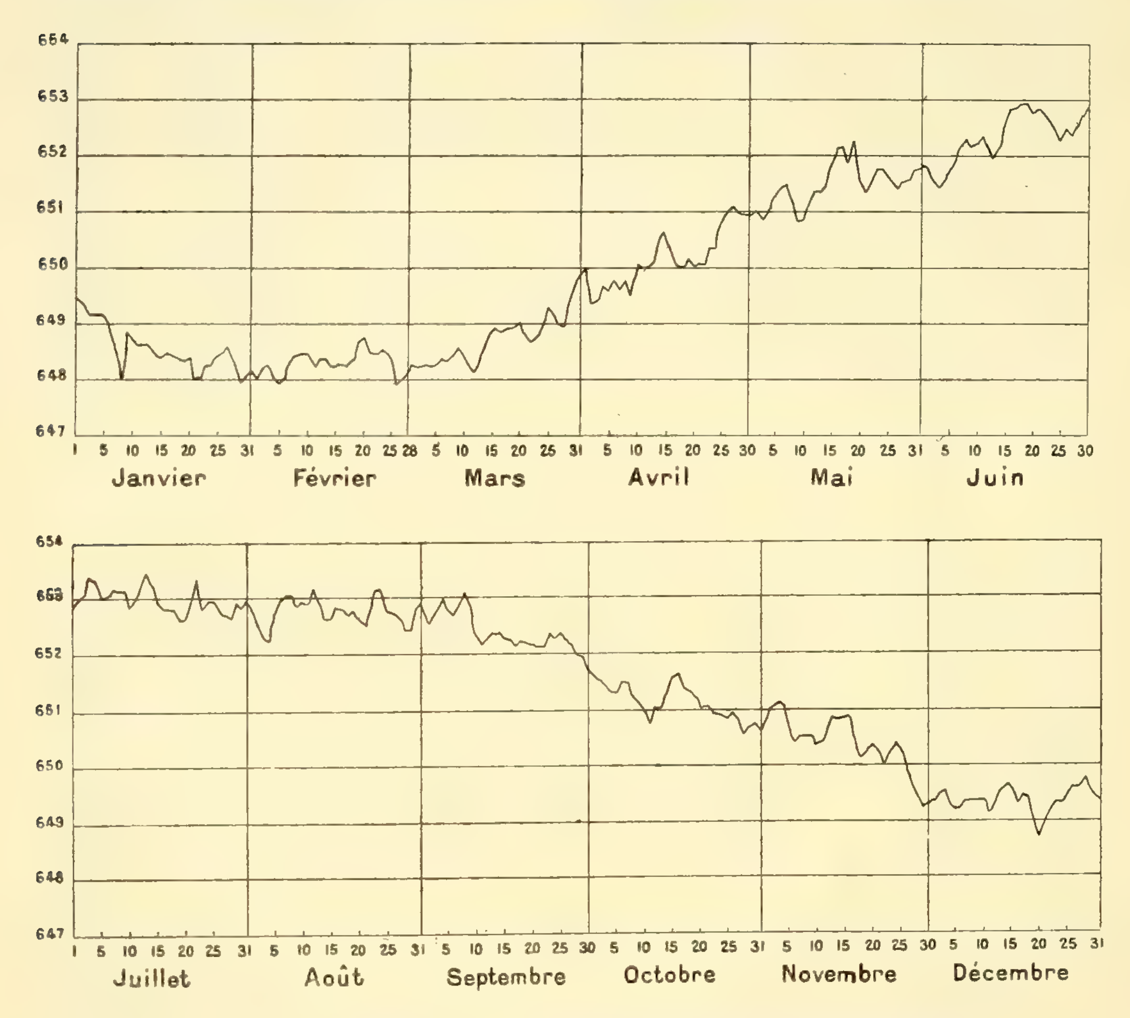


Fig. 5. — Graphique des pressions moyennes diurnes (d'après vingt-trois années).

7 janvier; on note le 8 un minimum barométrique qui correspond à cette même époque.

Du 23 avril au 1er mai, le thermomètre baisse de 2°; pendant la même période le baromètre monte de 1 mm. environ en quelques jours; du 27 mai au 1er juin un refroidissement de l'air coïncide exactement avec une élévation de la pression.

Du 26 au 30 juin, descente du thermomètre, tandis que le baromètre

est en hausse rapide du 27 juin au 3 juillet, jour du maximum de l'année.

Tananarive et Maurice ont un minimum de température le 25 juillet, et une montée de la pression le 21 et le 22 du même mois.

La période des Perséïdes et des Léonides coïncide avec une élévation barométrique du 5 au 12 août et du 12 au 15 novembre : nous constatons le 10 août et le 13 novembre une baisse de température suivie d'une hausse.

Inflexion de la courbe du thermomètre du 14 au 19 octobre : celle du baromètre monte à 651.6 le 16, et redescend jusqu'à la fin du mois.

Lorsque le soleil passe pour première fois au zénith de Tananarive le 17 novembre, on voit la pression diminuer les 17, 18, 19, la température augmente le 19.

Nous nous sommes attardés à signaler quelques exemples d'influences périodiques. Dans les climats contrastés d'Europe, ces menus détails seraient considérés comme un peu puérils, il y faut des séries autrement longues que nos vingt-cinq ou quarante années pour trancher la discussion sur les saints de glace ou l'été de la Saint-Martin.

Redisons encore une fois que Madagascar, sous le soleil des tropiques, jouit d'un climat essentiellement régulier; les quelques perturbations, vraiment rares à l'œil du météorologiste, dont nous aurons plus loin à traiter longuement, ne sauraient masquer ici des coïncidences périodiques ou des inflexions même peu accentuées.

Il n'y a pas de commune mesure entre l'Europe et les Tropiques dans cet ordre de faits; c'est ce qu'il a paru bon de rappeler.

§ 2. LES VARIATIONS AU SOMMET DU TSIAFAJAVONA

Ayant analysé les ressemblances et dissemblances entre les pressions barométriques de Tananarive et de Maurice, qu'une documentation plus détaillée et plus précise nous permettait d'envisager à part, nous consacrerons encore ce paragraphe à un cas particulier remarquable. Par leur différence d'altitude, seul élément qui sépare deux stations

distantes à peine de 54 kilomètres, l'observatoire (1,381 mètres) et le sommet de Tsiafajavona (2,630 mètres) fournissent d'utiles enseignements sur la propagation et la distribution des variations saisonnières de pression dans le sens vertical pendant les époques successives de l'année.

A défaut de postes de sondages nous ne pouvons trouver que là des indications sur des couches atmosphériques un peu élevées.

On a dit plus haut que, sur ce poste de montagne nous ne possédions qu'une série de vingt-sept mois ininterrompus. C'est peu sans doute pour asseoir des convictions : mais peu vaut mieux que rien.

Avec son humour anglo-saxonne, le climatologiste Griffith Taylor narre cette parabole : « Imaginons un mollusque, ancré sur le rocher du fond d'une rivière et sur lequel se serait abattu le feu divin de la recherche. Il est sous l'action immédiate des remous occasionnés par les saillies de la pierre. Il peut se faire une idée de la rivière qui circule au-dessus de lui, il peut voir des tourbillons se creuser le long du courant. Mais il lui est impossible de concevoir l'origine de tels remous causés par quelques rochers loin en amont ou en haut, et les relations entre le débit du fleuve, les pluies ou les champs de neige sont bien au delà de sa portée. Les météorologistes sont les plus infortunés des chercheurs de science. Ils sont confinés à la couche la plus basse, la plus complexe, la plus turbulente du royaume qu'ils désirent explorer.

« Les premiers moteurs du système atmosphérique sont situés bien au delà des demeures des hommes, au centre de vastes océans, dans les régions de la chaleur torride ou près des pays de glace et seules les tempêtes les plus mobiles viennent se mouvoir sur des terres où habite la race blanche. » Griffith Taylor, *Australian Meteorology*, p. 188, Oxford, 1920.

Attachés au sol du plateau on nous excusera de chercher, par des observations sur nos modestes montagnes à entrevoir, quelques-uns de ces secrets de l'atmosphère que nous n'avons pas les moyens d'explorer autrement.

Tableau 6. — **Variations barométriques mensuelles.**

	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	JANV.	FÉV.	MARS
					TSIAFAJAVONA							
1914-1615.	560.5	560.4	560.9	560.6	561.0	560.0	559.7	559.4	558.7	557.1	556.2	557.4
1915-1916.	59.4	59.9	59.8	60.2	59.9	59.6	59.6	59.4	57.9	57.4	55.8	56.6
Moyenne.	59.9	60.1	60.3	60.4	60.4	59.8	59.6	59.4	58.3	57.2	56.0	57.0
					TANANARIVE							
1914-1915.	650.8	651.9	652.9	653.2	653.7	652.8	651.6	650.5	650.7	649.4	648.3	649.8
1915-1916.	50.1	51.9	52.4	52.3	53.2	52.4	51.4	50.7	49.5	48.4	47.8	49.1
Moyenne.	50.4	51.9	52.6	53.2	53.4	52.6	51.5	50.6	50.1	48.9	48.0	49.4
					DIFFÉRENCE TANANARIVE-TSIAFAJAVONA							
1914-1915.	90.3	91.5	92.0	92.6	92.7	92.8	91.9	91.1	92.0	92.3	92.1	92.4
1915-1916.	90.7	92.0	93.0	92.6	93.0	93.3	91.8	91.3	91.6	91.0	92.0	92.5
Moyenne.	90.5	91.7	92.3	92.8	93.0	92.8	91.8	91.2	91.8	91.7	92.0	92.4

Le tableau débute par les moyennes d'avril, mois où le barographe fonctionne pour la première fois; il contient les moyennes mensuelles des vingt-sept mois de 1914-1916, celles déduites des mêmes vingt-sept mois à Tananarive, enfin les différences effectuées dans chaque colonne dans le sens Tananarive moins Tsiafajavona.

1° Alors que d'avril à août le baromètre de l'observatoire monte graduellement de 3 millimètres, celui de la montagne varie dans le même sens, mais de cinq dixièmes à peine. Le Père Colin voit ici un effet du froid.

La colonne mercurielle descend sans arrêt d'août à février à la station du plateau; au sommet la courbe suit une pente moins régulière et marque une espèce de palier de septembre à novembre.

La cause nous en est inconnue; la baisse reprend ensuite une allure plus vive de décembre à février.

Dans les deux stations la remontée du baromètre est notable de février à mars. Rien de remarquable en soi dans la variation à Tananarive en mars et en avril. En 1914 la pression moyenne d'avril surpassait même celle de mai d'un dixième; le fait que la pression se maintient en avril à un niveau exceptionnel est encore confirmé par des lectures directes

faites au Tsiafajavona à plusieurs années d'intervalle par différents observateurs. L'abri météorologique étant adossé à un signal géodésique de premier ordre, un tel emplacement devait se trouver relativement fréquenté.

En particulier trois séries d'expériences barométriques exécutées à ce même endroit durant les journées des 20 et 23 avril 1877 par le Père Roblet, du 20 avril 1915 par le Père Aurand donnent elles aussi, des pressions plutôt élevées 561.06, 560.36, 561.12!

Pourquoi une accentuation de la pression en ce mois d'avril, mois de baisse pour l'Europe? Le Père Colin note une coïncidence assez inattendue: cette même hausse apparaîtrait (cf. *Climate of the Argentine Republic*, by Davis, p. 8 et 14) dans les stations météorologiques des Andes ayant sensiblement notre latitude et à 3,000 mètres au-dessus du niveau de la mer. L'explication la plus simple de cette anomalie la ramènerait à une question de température. Le thermomètre de Tsiafajavona indique une moyenne de 11°.2 en mars et 9°.6 en avril. La diminution pour ce dernier mois, soit 1°.6 est plus prononcée que celle de Tananarive, 0°.9; la marche ordinaire de la pression étant précisément inverse de celle de la température, une hausse barométrique rapide est ici inévitable.

2° La différence de pression entre les deux stations représente le poids de la colonne d'air entre les deux niveaux. Ce poids varie suivant les saisons; durant notre hiver la colonne aérienne acquiert une densité plus forte que celle de l'été. On voit dans le tableau que cette notion purement statistique correspond assez fidèlement aux conditions d'observations; la différence est maximum en août, mois froid; en novembre mois chaud où le soleil passe au zénith des deux stations la différence est notablement plus faible. Les valeurs extrêmes ont été obtenues le 7 août 1915, maximum absolu de 94.3 et le 2 février 1916, minimum 89.5.

De telles comparaisons ont une valeur assez précaire. Elles supposent en effet un équilibre parfait des couches d'air. Un coup d'œil sur le tableau fait immédiatement discerner qu'elles ne sauraient s'appliquer au mois d'avril, où la variation inégale des températures moyennes sur le plateau et la montagne révèle une sorte de déséquilibre dynamique, dans

le genre de ces discontinuités encore plus notables que l'un de nous a mis en lumière par des rapprochements entre les pressions de Tananarive et Tamatave.

Il est assez piquant d'observer que de telles inflexions semblent plus fréquentes entre 0 et 1,400 mètres qu'entre 1,400 et 2,600.

Mais il s'agissait, dans le cas auquel on fait allusion, de moyennes portant sur des heures déterminées, chaudes ou froides, tandis que le Père Colin fait porter ses remarques sur des moyennes des 24 heures.

3° Si, d'une façon très générale on peut trouver une certaine similitude des variations mensuelles entre l'observatoire et le Tsiafajavona d'août à avril, il faut avouer que d'avril à août les marches sont fort dissemblables; pourtant l'examen n'a porté que sur les moyennes, où sont entrés soixante à quatre-vingt-dix résultats pour chacune. Que conclure logiquement de ceci, sinon l'incapacité foncière du procédé statistique trop simple, pour des études de situations essentiellement variables; additionner des chiffres est une opération toujours possible; mais si les données se rapportent à des choses hétérogènes, que pourrait-on attendre de l'arithmétique? Or les variations de pressions entre deux points dont l'altitude diffère de 1.300 mètres sont soumises à une trop grande complexité d'éléments pour que l'application d'une méthode d'analyse par trop rudimentaire reste légitime. En particulier nous sommes bien assurés que l'on n'a pas le droit de considérer cette couche d'air de 1,300 mètres d'épaisseur et de 54 kilomètres de large comme dotée de ce rigoureux équilibre statique qu'exige l'application de la formule de Laplace.

Le Père Colin n'avait pas poussé ses conclusions jusqu'à une affirmation aussi absolue : si on la trouvait excessive, la responsabilité en incombe entièrement au rédacteur de 1927.

§ 3. RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES VARIATIONS MENSUELLES

Après avoir envisagé deux cas particuliers, il est temps de voir comment sont distribuées les pressions barométriques sur l'ensemble de Madagascar. Malgré l'étendue de l'île, sa topographie aux reliefs si marqués, et

les distances qui la séparent des pays voisins, rien ne nous autorise à envisager la météorologie malgache comme un bloc isolé. Fût-elle dotée d'une individualité propre nettement accusée, c'est encore par la comparaison avec les moyennes de l'Afrique Australe et Orientale à l'Ouest, des Mascareignes à l'Est, qu'un tel caractère pourrait être reconnu. Nous ferons donc figurer dans nos tableaux les chiffres publiés par Maurice, la Réunion, Mozambique, Lourenço-Marquès, pour la pression en ce point de notre travail, pour les autres éléments dans la suite du volume.

Tableau 7. — **Moyennes mensuelles barométriques à Madagascar, aux îles Mascareignes et sur la côte orientale d'Afrique.**

STATIONS	MOYENNE	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Diégo-Suarez	759.8	760.0	761.2	761.9	761.9	761.5	761.3	759.8	758.8	757.5	757.4	758.1	759.0
Vohemar.	60.4	61.6	62.8	64.4	63.2	63.4	62.6	60.6	59.4	58 0	57.7	58.0	60.3
Nosy-Bé	60.1	60.4	60.5	62.4	62.4	62.0	60.3	59.8	58.5	57.5	58.0	58.0	60.5
Antalaha.	61.1	60.9	62.5	64.0	63.8	63.6	62.7	61.1	60.3	58.0	57.8	58.5	60.2
Analalava.	60.3	60.0	62.2	63.5	62.6	62.0	60.7	59.5	59.0	57.2	58.3	59.0	60.0
Maroantsetra	60.6	61.7	62.2	62.8	62.3	62.4	61.1	60.6	60.5	59.0	58.4	58.3	59.4
Majunga	60.0	60.7	62.1	62.8	62.3	61.7	60.3	59.0	58.0	57.1	58.1	58.5	60.3
Tamatave.	63.4	64.3	65.9	66.8	67.2	66.6	64.6	63.3	61.7	59.2	58.9	60.0	62.4
Maintirano	62.6	63.5	64.9	66.1	65.0	64.3	63.1	61.7	61.3	60.6	59.8	60.0	61.3
Tananarive.	63.5	64.7	66.3	67.6	67.4	66.8	64.7	63.7	61.9	59.2	58.9	59.9	62.0
Vatomandry	63.4	64.7	66.4	68.0	67.0	66.4	64.7	62.6	61.0	59.1	59.8	59.8	62.9
Morondava	64.1	64.3	66.5	67.1	67.0	66.3	64.8	63.7	62.9	61.8	61.3	62.0	62.5
Mananjary	63.7	64.8	66.9	68.1	67.4	66.5	65.0	62.7	61.0	59.1	59.2	60.8	63.2
Farafangana	65.0	66.0	67.9	69.3	68.9	68.6	65.7	64.4	62.0	60.1	60.8	62.0	64.4
Tulear	64.9	66.1	67.6	68.1	67.7	65.9	66.5	63.8	63.0	61.9	61.3	63.0	64.1
Fort-Dauphin. . . .	65.4	65.8	69.3	69.3	68.7	67.2	66.5	64.2	62.5	61.4	61.9	62.3	66.6
Maurice	63.8	64.2	66.1	67.0	77.2	66.8	65.5	63.8	62.1	60.6	60.0	61.0	62.4
La Réunion.	63.4	63.0	65.4	66.3	67.1	66.6	65.1	63.5	61.6	60.4	60.1	60.6	61.6
Mozambique.	64.5	62.9	64.3	65.3	65.2	63.3	63.0	60.3	60.0	58.5	58.9	58.6	60.8
Lourenço-Marquès. .	61.7	65.3	69.2	69.2	67.2	66.1	64.6	63.1	60.8	61.1	61.0	62.6	64.6
Soanierana	63.2	62.0	64.7	68.4	67.8	66.8	64.5	62.1	60.1	60.3	60.9	60.6	61.3

Un mot sur la manière dont ces chiffres ont été calculés.

Présenter au lecteur les résultats bruts donnés par les stations de Madagascar serait parfaitement oiseux. La comparaison n'est possible qu'entre valeurs susceptibles d'une commune mesure.

Donc les lectures barométriques devront être en premier lieu corrigées des erreurs instrumentales, réduites à la température uniforme de 0°, si l'on a fait usage de baromètre à mercure, ramenées à un niveau commun, enfin dépouillées des divergences provenant de la gravité. Sur tous ces

points nous devons fournir des éclaircissements : la légitimité des conclusions en dépend.

1° *Erreurs instrumentales.* — C'est une grosse source d'ennuis à Madagascar, comme ailleurs, plus qu'ailleurs à cause de la difficulté des communications dans ce pays. Il faut se limiter à l'emploi d'instruments soignés, bien construits, et, pour le dire en passant, plus d'un baromètre vendu dans le commerce, mérite peu de confiance aux colonies. Nous ne pouvons guère compter que sur un seul procédé de la détermination de la correction instrumentale : c'est la comparaison directe de l'appareil avec un instrument rigoureusement étalonné, placé côte à côte avec celui qu'on désire vérifier.

Les baromètres étalons sont rares à Madagascar. Celui de l'observatoire, un Tonnelot à large cuvette n° 408, a été vérifié au Bureau central météorologique de Paris. Pour éviter le déréglage, le Père Colin l'a transporté lui-même à la main de Paris à Marseille et de Tamatave à Tananarive. A bord il resta suspendu dans la cabine.

Cet étalon n° 408 a servi à son tour à régler les autres baromètres à mercure de l'observatoire, en particulier deux Fortin plus aisément transportables, et récemment il a permis d'étalonner l'instrument principal (Tonnelot) conservé dans la cave-laboratoire du service maritime de Madagascar, d'où dépendent les diverses stations météorologiques malgaches.

L'emploi d'anéroïdes a été proscrit pour ces stations : on sait en effet que de tels baromètres ne donnent pas directement la pression barométrique; comme tous les instruments basés sur l'élasticité des organes métalliques, ils sont sujets à des altérations, et leurs indications ne méritent foi qu'autant qu'un contrôle efficace a pu être exercé. De plus, sur les côtes de Madagascar, l'extrême humidité du climat et la salinité de l'air marin mettent rapidement hors de service les parties oxydables. Chaînes qui se coincent, vis qui sont rongées, axes qui s'immobilisent, tout cela nous est bien connu.

On aura pu remarquer que dans le tableau du Père Colin, toutes les stations du réseau malgache ne figurent pas. La raison de cette absten-

tion provient précisément d'incertitudes sur les véritables causes d'erreurs pendant des périodes plus ou moins longues.

On peut évidemment vérifier et étalonner un baromètre à mercure à son arrivée à Tananarive. Mais pour rejoindre ensuite sa destination lointaine, il lui reste un long voyage à accomplir. Retour à la côte sur le dos des bourjanes autrefois, maintenant par chemin de fer aux heurts répétés.

Transbordement sur bateau, traversée, nouvelle descente à terre, avant la mise en place. Pour les postes de l'intérieur le trajet à dos d'homme subsiste encore, avec tous les chocs qui résultent d'une manipulation par des porteurs ignorants. Si l'observateur est décidé à prendre les précautions nécessaires, il sera réduit, comme naguère les Pères Roblet et Colin ou plus récemment le Dr H. Poisson, à prendre la boîte de son baromètre dans son propre filanjana, pendant des trajets qui peuvent durer plusieurs semaines.

Le Père Colin et le Père Aurand, qui transportèrent deux fois un baromètre Fortin sur le sommet du Tsiafajavona en 1913 et 1915 savent combien ce court déplacement fut pénible. Il s'agissait là de contrôler un barographe Richard dont la marche s'est montrée régulière pendant la durée relativement brève des enregistrements.

Pour s'assurer des corrections instrumentales de baromètres employés dans les stations en fonctionnement, la seule ressource paraît être l'inspection périodique par un spécialiste muni d'un appareil Fortin bien contrôlé au départ et à l'arrivée.

Inutile de dire que les difficultés des voyages à Madagascar n'ont pas permis souvent de telles tournées.

En 1924 et 1925, un certain nombre de postes, choisis parmi les principaux, ont été visités de la sorte par M. l'ingénieur Rieul, chargé de la météorologie officielle. Ce fonctionnaire a pu se convaincre de la nécessité de semblables inspections. Il serait à souhaiter que leur régularité soit consacrée par décision administrative.

Le rédacteur de 1927 ne peut préciser absolument de quelle façon le Père Colin a connu la valeur exacte — ou au moins la plus probable —

des corrections instrumentales pour chacun des postes dont il conserve les résultats. Il sait seulement que ces postes, envoyant un télégramme quotidien à l'obervatoire, la pression qu'ils indiquaient était suivie de près par toutes circonstances de temps, et que le Père Colin, chef de Service, appliquait effectivement à chacun d'eux une correction.

A la suite des modifications survenues en 1920, les stations étant passées aux mains d'une autre direction, l'observatoire n'avait pas la possibilité de déterminer les corrections.

Instruments avariés remplacés par de nouveaux exemplaires, petits déplacements locaux dans des villes à la topographie accidentée, etc., autant de causes d'incertitude. C'est pourquoi il a paru sage de redonner sans altération le tableau dressé par le Père Colin lui-même. A vouloir le compléter par des chiffres récents, ou à lui ajouter des stations, on risquait d'introduire dans le tracé des isobares de nouvelles causes d'inexactitude dont la grandeur restait inconnue.

2° *Réduction à un niveau commun.* — Il est superflu de parler de la réduction des lectures de la colonne mercurielle à une même température. On la fait ici comme partout, la température repère étant 0° centigrade.

La difficulté issue des altitudes si variées est beaucoup plus forte. Sur les bords de la mer on sait qu'une élévation de 11 mètres suffit à faire baisser le baromètre de 1 millimètre. La réduction à un niveau commun a fait l'objet d'innombrables études et discussions. On sait que non seulement l'altitude, mais la variation des températures avec l'altitude influe sur le résultat, et qu'enfin la tension de vapeur d'eau n'est pas toujours négligeable. Les congrès internationaux qui se sont occupés à différentes reprises de ce problème l'ont considéré comme pratiquement insoluble dans l'état actuel de nos connaissances lorsque la dénivellation atteint 800 mètres. Or le plus grand nombre des stations malgaches sont sur la côte où la cuvette mercurielle se tient entre 3 et 70 mètres au-dessus de la mer. Mais les postes de l'intérieur sont à 1,000, 1,200, 1,500 et même 2,630 mètres. On eût pu adopter un niveau commun de référence intermédiaire entre le zéro des cartes et les 1,380 mètres de l'ob-

servatoire. Le Père Colin a usé ici d'un moyen terme. Pour tracer des isobares raccordables à celles des autres publications météorologiques, il a conservé comme origine le niveau de la mer. Dans ce but il a sacrifié délibérément les stations de plateau ou de montagne, aux réductions problématiques. L'observatoire de Tananarive (1,381 m.) a seul été conservé. De longs tâtonnements dans les réductions ont fait adopter au fondateur de l'observatoire les valeurs empiriques suivantes qui correspondent à un gradient de température de 1° par 245 mètres d'élévation.

Tableau 8. — **Corrections barométriques de Tananarive.**

Ajouter aux moyennes mensuelles de Tananarive.					
JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN
mm. + 110.8	mm. + 110.7	mm. + 111.3	mm. + 112.1	mm. + 113.3	mm. + 114.1
JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE
mm. + 114.8	mm. + 114.8	mm. + 114.6	mm. + 113.8	mm. + 113.4	mm. + 112.7

C'est la norme qu'on a suivie. Il était indispensable de l'indiquer.

3° *Correction de gravité.* — La comparaison des moyennes de Diégo-Suarez et de Fort-Dauphin, points extrêmes du réseau en ce sens, accuse des différences.

En effet, la terre étant renflée vers l'équateur et aplatie vers les pôles. Diégo se trouve plus éloigné du centre que Fort-Dauphin. En ce dernier point la pesanteur s'exerce avec une intensité plus grande. Par le principe même de leur construction, les anéroïdes possèdent l'avantage d'être soustraits à l'action de la gravité; ils ont aussi de ce chef l'inconvénient d'indiquer n'importe quelle pression au gré de celui qui les règle.

Le baromètre à mercure repose, on le sait, sur un principe tout différent. Le poids de la colonne d'air qui s'élève au-dessus du liquide de la cuvette fait équilibre à la colonne de mercure. Or, cette colonne liquide, dont la densité et par suite le poids sont importants, est soumise, comme tous les corps, à la loi commune de la pesanteur.

Ainsi, dans le but de pouvoir comparer entre elles les observations de baromètre faites en des lieux différents, est-on convenu de les réduire à la latitude de 45°, prise comme terme universel de référence. Nous nous conformons à cet usage. De cette manière seront éliminées les inégalités de variations dues à la pesanteur.

Pour le degré de précision que comporte cet exposé, on peut estimer suffisante une correction unique en un même lieu au cours de l'année entière. C'est ainsi que les hauteurs barométriques de Diégo seront diminuées de 1 mm. 79 et celles de Fort-Dauphin seulement de 1 mm. 25.

Telles sont les retouches préalables qu'ont subies les observations de pression des diverses stations avant d'être inscrites sur le tableau, ou employées au tracé des isobares. En reliant ainsi sur la carte les régions où la pression a la même valeur au même instant, on peut tracer des courbes d'égale pression, ou isobares, assez semblables aux courbes de niveau de la topographie.

Ces cartes synoptiques permettent de représenter sous une forme avantageuse à l'œil la distribution des éléments météorologiques simultanés pour une vaste étendue. Elles ont sur les tableaux de chiffres une autre supériorité, dont on n'a pas cru devoir faire usage en cet endroit : il est en effet possible, par le choix de signes conventionnels appropriés, d'y faire figurer en même temps des renseignements sur plusieurs éléments simultanés. L'emploi de ces cartes synoptiques s'est si fort répandu, celui surtout des tracés quotidiens, que l'ancien chef du *Meteorological Office*, sir Napier Shaw, écrivait en 1916 cette phrase au raccourci significatif : « *A modern meteorologist thinks in maps* » littéralement : un météorologiste moderne conçoit sous forme de cartes.

Ni les études générales de l'atmosphère, ni les cartes synoptiques du temps éditées çà et là ne détaillent la distribution des isobares mensuelles sur Madagascar, les îles Mascareignes, le rivage oriental du Sud-Afrique : à défaut d'autre mérite notre travail aura celui de combler une lacune.

Les figures ci-jointes montrent les isobares mensuelles, tracées sur la carte de Madagascar, pour chaque millimètre de pression.

Au-dessus des mers, où les documents font défaut, on s'est cru auto-

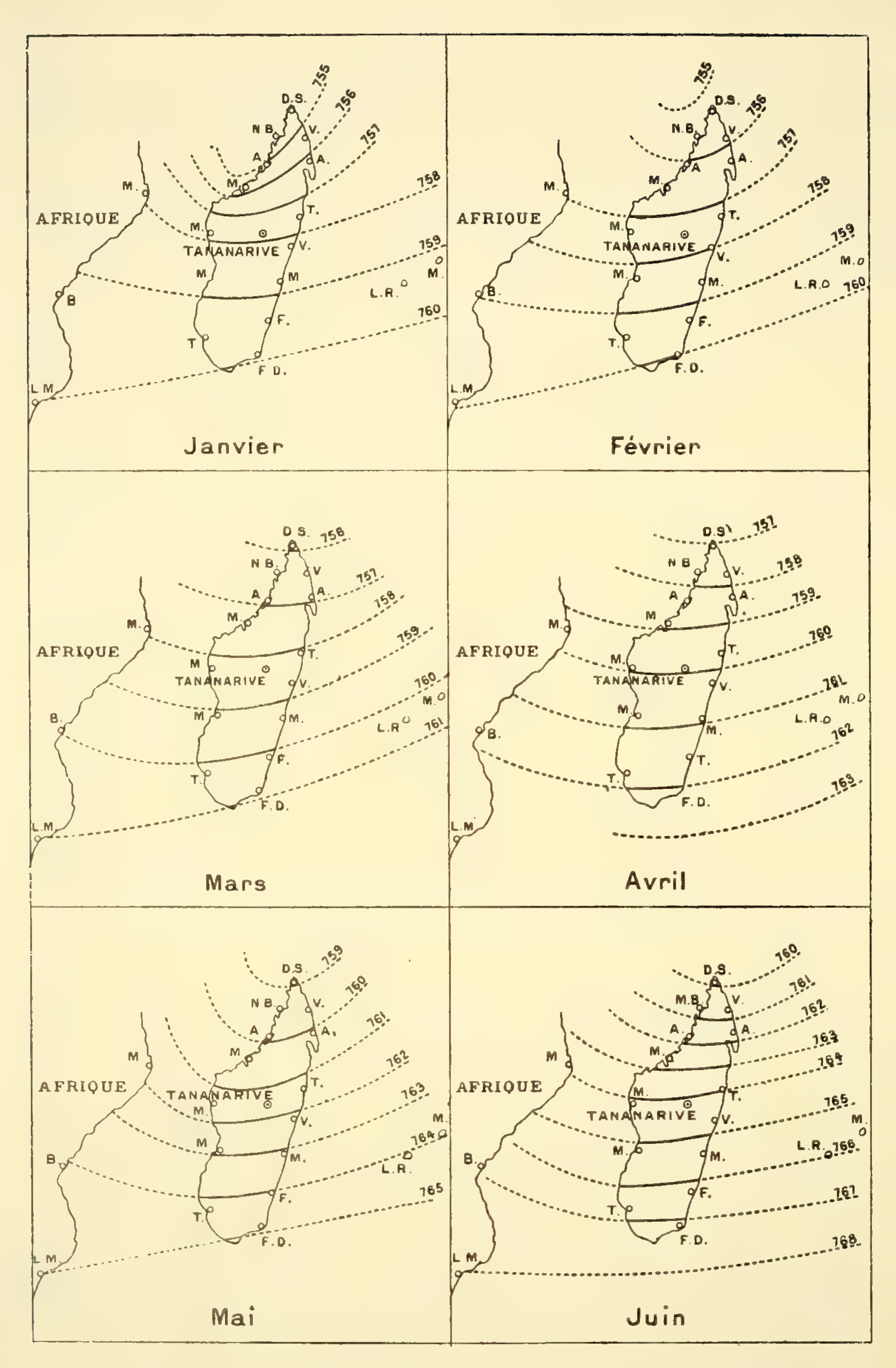


Fig. 6. — Lignes isobares pour les mois de janvier à juin.
Échelle du 1 : 30,000,000ᵉ.

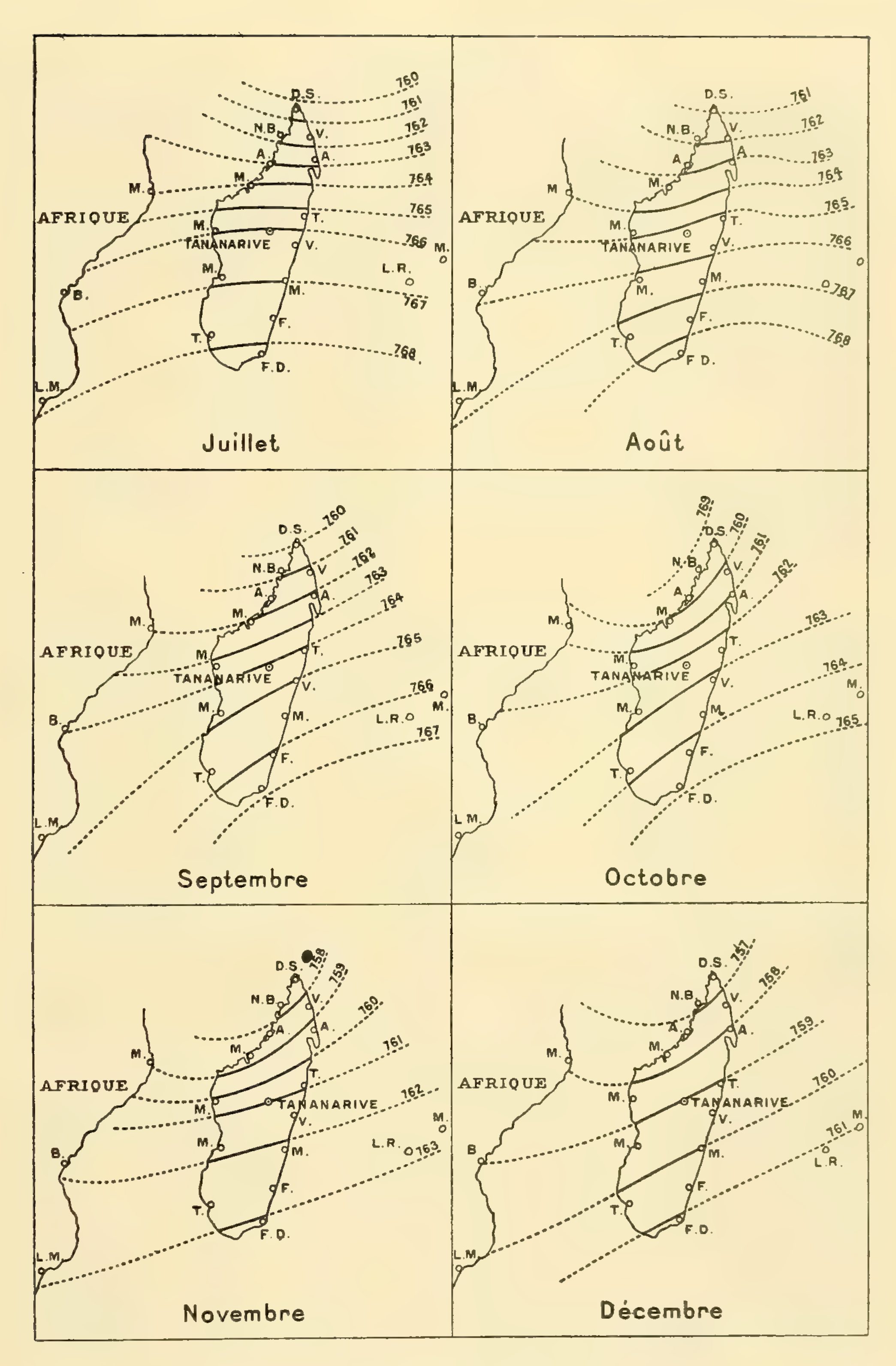


Fig. 7. — Lignes isobares pour les mois de juillet à décembre
Échelle du 1 : 30,000,000ᵉ.

risé à jeter les ponts de l'extrapolation, en raccordant les courbes à celles des pays voisins. Tous ne pensent pas qu'un tel procédé, courant dans les volumes d'études générales, soit applicable à Madagascar. Un ancien chef du service météorologique de la colonie, M. l'ingénieur des Ponts et Chaussées Blosset, dans le travail sur la *Météorologie côtière de Madagascar, essai de Climatologie* qu'il a fait paraître en 1924 dans le *Bulletin Économique de Madagascar* croit au contraire que l'individualité du système insulaire est assez grande sur ce point. Plusieurs de ses isobares mensuelles décrivent des circuits entièrement fermés. Sans vouloir engager ici une controverse, le rédacteur de 1927 doit cependant rendre compte au lecteur des motifs qui lui font maintenir provisoirement les isobares dessinées de la main du Père Colin.

Dans un problème qui embrasse des étendues de terrain aussi vastes, nous croyons qu'il importe de distinguer deux choses : les faits d'observation d'abord, puis l'hypothèse autour de laquelle ils sont groupés. Cette remarque s'impose dans un pays comme Madagascar, où la densité des stations est extrêmement faible, alors que le relief géographique exigerait au contraire leur multiplication. Nous avons rappelé brièvement l'incertitude des réductions au niveau de la mer pour les postes de montagnes ou de plateaux élevés qui fournissent la presque totalité de notre documentation à l'intérieur des terres. A telles enseignes que le Père Colin fit abstraction, nous l'avons dit, de toutes les statistiques de ces postes, à l'exception du seul observatoire. C'était donc se réduire au schéma d'une météorologie côtière, puisque les stations du bord de la mer figuraient à l'exclusion des autres. M. Blosset, lui, a cru pouvoir utiliser toute sa documentation météorologique. Il a exclu cependant les données fournies par les Mascareignes et les excellents observatoires de l'Afrique portugaise ou anglaise. C'est là une première divergence. Si nous considérons les faits d'observation, ils prennent leur signification de leur nombre, essentiel pour constituer des moyennes, et aussi de leur valeur absolue. Sous ce dernier aspect on sait que le Père Colin, exercé par vingt ans de pratique, à scruter chaque jour les pressions qui lui étaient télégraphiées, appliquait au baromètre de chaque station une correction systématique,

instrumentale. Dans le nouveau fonctionnement du réseau, vu les changements d'instruments, d'observateurs et d'emplacements locaux, les valeurs précises de ces corrections individuelles nous échappent. Nous ignorons quelles retouches, certainement indispensables, M. B... a pu apporter aux résultats bruts qui lui étaient fournis. Peut-être certaines inflexions des isobares n'ont-elles pas une autre origine. Le nombre des observations est incontestablement en faveur du Père Colin; l'essai de *Météorologie côtière* ne disposait que des collections de 1919 à 1923; dans la première ébauche de ces isobares mensuelles présentée à l'Académie malgache en 1913, le Père Colin avait fait état de séries, s'étendant de 1901 à 1911 pour la plupart des postes et l'exemplaire manuscrit que nous avons sous les yeux montre de nombreuses retouches dans l'édition de 1921, celle que reproduit ce livre; au point de vue du nombre, la présente étude a donc l'avantage.

Les divergences s'éclairent mieux si l'on essaie de voir autour de quelle théorie les faits sont systématisés. Le Père Colin n'a pas expliqué la sienne, du moins explicitement; mais la manière pour ainsi parler instinctive, qu'il suit, apparaît nettement par ses lignes elles-mêmes; ses retouches deviennent minutieuses pour les raccordements aux pays voisins. C'est donc la continuité du système d'ensemble, l'insertion de Madagascar dans le réseau mondial qui le préoccupait surtout. C'est une telle hypothèse plus ou moins raisonnée qui guidait sa plume lorsqu'elle tirait en ligne droite, ou suivant des sinuosités les plus faibles possibles, les traits qui rejoignent des stations distantes de 3 ou 400 kilomètres. L'exactitude de quelques détails y a perdu, peut-être, mais qui pourrait l'assurer à Madagascar à l'heure présente? L'aspect général en est éclairci, et les influences de l'anticyclone du Sud, de la dépression du Nord-Ouest, ces « centres d'action » principaux, chers à Hildebrandsson et Teisserenc de Bort, y restent bien les grands régulateurs de l'économie atmosphérique, sans préjudice des actions locales que l'on verra tout à l'heure.

M. Blosset a fort bien exposé les hypothèses que son essai de climatologie cherche à vérifier. Elles sont intéressantes, et méritent de retenir

l'attention; elles ne seront vérifiables que par celui de nos successeurs qui, plus heureux que nous, disposera enfin du matériel de statistiques inattaquables dans son extension et sa précision. Il s'agit en effet de voir quelles conséquences résultent, pour la météorologie malgache, de la particulière disposition de terres basses et des massifs élevés; si l'on trace avec M. Blosset une ligne idéale joignant Maintirano à Antalaha la partie chaude et basse du Nord-Ouest peut entretenir ou renforcer un système dépressionnaire; le grand secteur montagneux séparé au Sud-Est par cette droite serait au contraire un lieu d'élection, un point d'appui pour les anticyclones.

Que les isobares de l'essai climatologique tendent à trop vérifier cette hypothèse séduisante, c'est ce que nous n'avons pas à rechercher. On va voir que le Père Colin signale des effets thermiques et barométriques ayant cette allure, mais à un degré beaucoup moins accentué, surtout en ce qui concerne les hautes pressions locales du Sud.

Tout en appréciant l'effort tenté par M. Blosset, et en reconnaissant que les reliefs de l'île, malgré leur étendue restreinte semblent bien jouer le rôle de renforçateurs, pour la dépression de Majunga-Zanzibar ou pour l'anticyclone célèbre du tropique, que l'on retrouve aussi bien sur les cartes synoptiques du Cap et Prétoria que sur celles d'Australie, le rédacteur de 1927 ne se sent par armé de pièces assez précises pour apporter des rectifications utiles aux isobares du Père Colin. Il les présente fidèlement comme leur auteur les a tracées et décrites, sans en fermer le contour soit au Nord soit au Sud.

Nous revenons donc à la planche, pour y ajouter le commentaire que le fondateur de l'observatoire en donnait. Les figures tirent en partie leur valeur significative de ce fait que le champ isobarique est fort simple en temps ordinaire sur cette partie de l'océan Indien. Le fond n'en est pas surchargé de dessins complexes comme il advient sur l'Atlantique Nord ou la Manche, où l'incessant défilé des noyaux de variations et des perturbations secondaires masquent la trame de la tapisserie. Cette trame est fort apparente en nos parages, où l'alternatif effort de l'alizé et de la mousson forme à lui seul le tableau habituel. En saison

froide, la remontée de l'anticyclone corsera quelque peu l'action de l'alizé, et ses hautes pressions mettront un peu de variété dans la monotonie des beaux jours. En hivernage les cyclones de plus ou moins grand diamètre s'échapperont de la mousson, et ce seront à longs intervalles, les principales exceptions.

Cette rareté relative, cette usuelle faiblesse des perturbations accidentelles doit à la fois permettre de voir plus aisément l'aspect saisonnier du champ isobarique, et de tirer parti pratiquement de sa connaissance.

Les météorologistes savent l'ingénieux agencement par lequel Griffith Taylor synthétise les variations de la climatologie australienne, par la superposition de deux dessins, dont l'un fixe, est un contour découpé de la carte du cinquième continent, l'autre mobile avec la distance zénitale du soleil, ramène avec lui sur l'Australie pour l'éloigner périodiquement ensuite l'ensemble régulier des hautes et basses pressions qui lui font cortège.

Voici bien des années que dans sa solitude d'Ambohidempona le Père Colin avait remarqué ce balancement périodique où la position du soleil joue le principal rôle. Son commentaire des cartes synoptiques mensuelles de la pression est ainsi conçu.

Afin de mieux suivre l'influence du soleil, à sa plus basse et haute déclinaison, sur le baromètre, nous décrirons tout d'abord la situation atmosphérique de juillet, mois où cette déclinaison atteint sa plus grande valeur boréale. C'était déjà la marche suivie au précédent chapitre pour la variation diurne.

Isobares de juillet. — Pendant ce mois neuf isobares coupent Madagascar suivant la direction Est-Ouest. Un centre anticyclonique originaire de l'Afrique Australe Centrale et venant par Lourenço-Marquès, passe par Tuléar, Fort-Dauphin, traverse la région Sud des Mascareignes. Le long de cette isobare s'observe une température basse. A mesure qu'on remonte vers l'Équateur, la chaleur augmente.

Les courbes de 768 à 766 sont espacées, tandis que de 765 à 760 elles se resserrent. Leur forme diffère; les quatre isobares du Sud, à courbure peu prononcée, tournent leur concavité vers le pôle austral; les quatre

dernières, occupant la zone Majunga-Diégo s'infléchissent fortement dans le canal de Mozambique, et leur creux fait face à l'Équateur.

Deux centres d'action opposés se partagent donc la terre malgache; leur frontière commune allant sensiblement de Majunga au cap Masoala.

Mois d'août. — Il n'y a plus que huit isobares sur le territoire de Madagascar : moins nombreuses, elles s'espacent davantage. A Diégo la courbe de 761 a remplacé celle de 760. Au contraire à Lourenço-Marquès la pression a baissé, et l'isobare de 768 qui s'y trouvait s'est plus fortement courbée, comme si l'anticyclone s'était déplacé vers l'Est. La séparation n'est plus à 764, car les isobares de 765 et 766 montrent une double inflexion qui les ramène vers le centre d'action du Nord-Ouest. La limite est maintenant sur la ligne Morondava-Vatomandry, c'est-à-dire 400 kilomètres plus au Sud.

Mois de septembre. — Même nombre d'isobares, mais chacune a perdu 1 millimètre : 760 passe sur Diégo, 767 sur Fort-Dauphin. La courbe de 768 suit la progression de l'anticyclone vers le Sud-Est. Cependant tout le Sud de Madagascar, de Morondava à Vatomandry, fait partie de cette zone d'action, d'après la courbure des isobares. Certaines stations du Sud enregistrent en septembre leurs minima de température.

Mois d'octobre. — Nouveau recul général : le soleil a franchi l'Équateur et se rapproche; la pression baisse partout, et on ne trouve plus que sept isobares. Celle de 759 passe entre Diégo et les Comores, celle de 765 sur Fort-Dauphin. Le 26 le soleil est au zénith de Diégo puis de Vohémar : dans cette région la courbure autour d'un centre de basse pression au Nord-Ouest augmente; c'est également vers ce centre que s'oriente la ligne de 762, voisine de Tananarive.

La frontière n'a guère varié, mais les isobares du Sud sont maintenant inclinées de 40° sur les parallèles.

Mois de novembre. — Un refoulement très net de basses pressions vers le Sud-Est se remarque dans le Nord. L'isobare 759 qui restait le mois dernier sur le canal de Mozambique au Nord-Ouest de Diégo-Nosy-Bé est ramenée entre Vohémar et Antalaha, et englobe la zone Majunga-Cap Saint-André. Sans vouloir extrapoler de manière excessive, on peut

signaler que la pression 758 qui règne sur le Nord jusqu'à Analalava, se retrouverait aussi sur les îles de la Sonde, à Batavia.

Six isobares coupent Madagascar; la plus élevée 763 est presque rectiligne de Lourenço-Marquès à Fort-Dauphin et la Réunion. L'écart avec la précédente est mieux visible; là semble à présent la limite respective des centres d'action. Celui du Nord-Ouest est prépondérant, se raccordant à la Côte Orientale d'Afrique. Le soleil est en ce moment au-dessus de nos têtes.

Mois de décembre. — La marche du soleil vers le Sud s'achève : il atteindra dans ce mois le zénith de Tuléar, son point extrême. Le nombre des isobares est minimum : cinq seulement de 757 à 761. Les deux supérieures ont un tracé à peu près rectiligne d'inclinaison 45° sur les parallèles. La courbure forte des isobares les plus faibles semble indiquer un déplacement vers l'Est du centre de basses pressions.

Mois de janvier. — On est en pleine saison chaude et humide; six isobares espacées d'un millimètre, mais dont la pression est plus faible. Le recul dans le Nord, est de 2 millimètres, et le gradient a augmenté jusqu'auprès de Tananarive.

L'isobare la plus haute, 760 a pivoté autour de Lourenço-Marquès vers le Sud et tangente la pointe Sud de Madagascar.

Un centre secondaire de dépression d'origine thermique, contourne les isobares de façon caractéristique par Diégo, Nosy-Bé, Majunga, Cap Saint-André : la proximité de ce centre qui donne partiellement raison aux notes de M. Blosset, amène une inflexion dans toutes les courbes autour de ce foyer d'appel. Lorsque les séries d'observations des stations des Comores — surtout Dzaoudzi de Mayotte — seront suffisantes, on connaîtra mieux la superficie de ce centre local, et son extension vers le Nord-Ouest.

Mois de février. — Le soleil a déjà parcouru une part appréciable de son voyage de retour vers le Nord. Il repasse au-dessus de Sainte-Marie et Diégo. L'isobare de 755 le suit dans son recul; les autres ne changent guère de valeur, mais s'espacent davantage : à la fin du mois on commence à sentir le déclin de l'hivernage.

Mois de mars. — Même allure des isobares et même recul. Diégo voit sa pression monter à 756, et la courbe de 761 disparue en fin décembre, fait de nouveau son apparition dans le Sud de Madagascar.

Pendant toute cette époque on n'a rien su de l'anticyclone refoulé par le soleil; par intervalles il a pu remonter accidentellement vers le Nord, ramenant le temps brumeux et la sécheresse. A certaines années on l'a vu fort nettement en janvier et mars.

Mois d'avril. — L'isobare de 757 qui, le mois dernier, traversait la zone Antalaha-Analalava remonte maintenant sur Diégo; celle de 762 couvre Fort-Dauphin. Un redressement général du réseau est visible vers le Nord-Est. La mousson s'achève; les souffles irréguliers de l'alizé qui étaient plutôt Est en saison pluvieuse là où on les rencontrait, ont tendance à venir d'Est-Sud-Est ou Sud-Est en saison fraîche.

Mois de mai. — La saison des pluies est entièrement passée; l'aire des hautes pressions commence à pénétrer dans le Sud-Est de Madagascar. Le recul vers l'Équateur du centre de basses pressions se marque par 2 millimètres, 759 à Diégo. L'anticyclone agit par compression; il ne se borne pas à suivre passivement le déplacement d'ensemble, car le nombre des isobares augmente, et nous retrouvons en mai à Fort-Dauphin les 765 d'octobre. Une double modification se marque dans la forme des isobares, les pressions basses se localisent, reviennent un peu vers l'Ouest. Ce réseau les resserre en remontant sur les deux flancs oriental et occidental.

Mois de juin. — Huit isobares : on se rapproche du régime constaté en juillet.

A Diégo la hausse n'a été que de 1 millimètre, 760 au lieu de 759 en mai. Dans le Sud au contraire elle s'est accentuée par l'arrivée de deux nouvelles isobares, 766 et 767. C'est bien un domaine de hautes pressions accompagné d'une baisse de température et d'un vent assez fort. Sur la côte orientale il y a une nouvelle période de pluies un peu plus nette, bien qu'à vrai dire la pluie y soit de tous les mois, sauf septembre à novembre.

En somme il y a bien une zone de pressions élevées, d'origine surtout dynamique, dans le Sud-Est de juin à septembre, comme une basse pression locale au Nord-Ouest de décembre à février, et nous confirmons dans ces limites restreintes, les vues exposées par M. Blosset dans son *Essai de Climatologie.* Ces deux foyers sont d'ailleurs fréquemment masqués par les perturbations accidentelles; l'action locale qui les produit, rétrécie par la médiocre étendue des terres échauffées ou refroidies, n'a pas la puissance de résistance suffisante pour assurer à ces formes malgaches une stabilité aussi notable que celle produite en Australie par exemple par les « dômes de convection » de Griffith Taylor. Mais il ne paraît pas invraisemblable que quelques-unes des perturbations à énergie médiocre que l'on voit traverser Madagascar, venant du canal de Mozambique entre Inhambane et les deux caps Saint-André-Saint-Vincent, se comportent comme des noyaux de dépression formés autour du centre secondaire du Nord-Ouest de l'île, lorsqu'un affaiblissement momentané ou un recul de l'anticyclone du Sud leur livre passage.

Résumé. — Après cette longue analyse, reprenons les traits principaux de cette évolution au cours de l'année malgache.

Au moment où le soleil échauffe l'hémisphère Nord, son action sur nous est plus faible : un signe visible est l'abaissement de la température. Peut-être plus tard connaîtra-t-on d'autres modes de son influence. On trouve en hiver malgache — juillet — deux groupes d'isobares, un peu plus serrées qu'aux autres mois; ce sont deux familles opposées par leur partie convexe, l'une, 760 à 763 s'oriente vers un centre de basses pressions au Nord; l'autre, 764 à 768 vers un anticyclone qui règne sur le Sud de Madagascar.

Le soleil revient vers nous : la ligne idéale joignant les deux centres d'action change de direction. L'anticyclone recule vers l'Australie, la dépression se rapproche de l'Afrique. La droite des centres est à peu près Nord-Ouest-Sud-Est.

En janvier le soleil est sur nous; son action est maximum.

Au point de vue de la température, la réaction a un retard de quelques semaines, nécessaire à l'échauffement complet du sol et des couches

basses de l'atmosphère (c'est pourquoi nous disons janvier, et non décembre). Les hautes pressions ont reculé : il n'y en a plus sur l'île, du moins sous forme stable.

C'est le temps de la chaleur, des pressions basses, des isobares rares, espacées dans le Sud, courbées autour d'un foyer thermique d'allure locale au Nord-Ouest.

Le baromètre présente donc deux phases de variations principales pendant l'année météorologique à Madagascar. De juin à septembre c'est le règne d'une aire anticyclonique, et de la cyclonique entre novembre et mars. La haute pression semble venir de l'Afrique Australe et sa route se poursuit d'Ouest en Est, sens de la rotation terrestre; pour nos régions les premiers symptômes apparaissent en juin à Lourenço-Marquès, puis à Tuléar, Fort-Dauphin et Farafangana. Du Sud l'aire s'étend jusqu'à envahir en juillet l'île à peu près entière : son domaine s'est donc accru d'au moins 1,500 kilomètres vers l'Équateur; devant elle les isobares se multiplient et se resserrent dans le Nord, accusent là un gradient plus fort. Durant trois mois que ce régime est franc, l'alizé de Sud-Est, fils de l'anticyclone, prend de la force et se fait sentir sur la majeure partie de l'île, pluvieux sur la côte orientale, humide sur le plateau central, désséché lorsqu'il parvient aux régions de l'Ouest; avec la baisse de température c'est une recrudescence de pluies à l'Est, la bruine et les brouillards en Imerina. En août Maurice et la Réunion sont atteints à leur tour par ce système de hautes pressions qui va se raccorder à ceux d'Australie.

En décembre, janvier, février, les basses pressions qui font cortège à la chaleur solaire ont reparu : leurs isobares couvrent avec Madagascar, les Mascareignes et la côte de l'Afrique portugaise.

Nous observons alors un foyer secondaire sur le Nord-Ouest de la grande île, de Majunga à Diégo et aux Comores. Hausse de température, mousson du Nord-Ouest, turbulence atmosphérique avec ses faux cirrus, ses orages de la soirée, ses pluies abondantes, et de temps à autre le déchaînement d'un cyclone. Les cinq ou six isobares qui couvrent Madagascar s'élargissent, s'étendent pour occuper l'immense étendue,

avec un gradient faible, propice aux marais atmosphériques, aux nuages, à l'instabilité. Voilà l'hivernage.

CHAPITRE IV

LES CYCLONES A MADAGASCAR

L'ordre suivi au cours de cet ouvrage, après avoir concentré l'attention sur les variations régulières diurnes, puis mensuelles, de la pression barométrique, nous amène à parler des perturbations accidentelles de la pression, c'est-à-dire des modifications passagères, qui ne présentent pas de caractères périodiques, soit dans le temps, soit dans l'espace. Il est commode de les classer d'après l'intensité de leurs effets; c'est pourquoi nous examinons en premier lieu les perturbations profondes, ou cyclones; ils méritent un chapitre spécial; le suivant sera consacré aux aires cycloniques et anticycloniques à déplacement et durée variables, rejetant à la fin du présent livre les recherches spéciales du Père Colin sur l'influence du soleil et de la lune sur des masses aériennes, ce problème n'étant pas particulier à la pression, mais embrassant au contraire les fluctuations de toute sorte.

En tête de cette partie le Père Colin écrivait les phrases suivantes :

Deux conclusions se dégagent de l'examen poursuivi jusqu'ici : 1° la stabilité de marche du baromètre assure la régularité des autres éléments météorologiques, température, pluie, vent, nébulosité; 2° l'on doit attribuer à cette heureuse combinaison l'uniformité du climat et l'activité remarquable de la vie végétative.

Le transcripteur ne partage pas jusqu'à un tel point les convictions du Père Colin sur le rôle joué par la pression atmosphérique. Il y a certes une corrélation entre les variations de toutes ces composantes; la pression est un auxiliaire commode pour les étudier, grâce à la sensibilité des instruments qui en notent les fluctuations les plus légères, et que le météorologiste peut consulter sans quitter son bureau. Mais admettre

ici une relation de cause à effet ne nous semble pas légitime, alors même que les oscillations du baromètre précéderaient dans le temps celles des autres appareils. Si nous osions aller jusqu'au bout de notre pensée, il faudrait avouer qu'à nos yeux l'importance trop grande donnée à la pression dans la météorologie d'avant-guerre aurait contribué à retarder les progrès de cette science. On sait quelle fécondité la jeune école norvégienne a trouvée dans l'étude des variations thermiques, et les succès incontestables de certaines prévisions de M. Guilbert ne sont-ils pas dus à la recherche des vents anormaux, des vents qui n'obéissent pas aux isobares de surface d'aujourd'hui, mais à celles du lendemain? Cette remarque faite, nous revenons au Père Colin et aux cyclones de Madagascar. Qu'ils se nomment typhons dans les mers de Chine, ouragans aux Antilles et en Australie, cyclones dans l'océan Indien, ces tourbillons atmosphériques, toujours gênants et parfois destructeurs, obéissent partout aux mêmes lois. Madagascar se trouve sur leur route, et la longue extension de l'île en travers du chemin des cyclones l'expose à en ressentir plusieurs chaque année. La côte orientale est la plus menacée, et de décembre à avril le service chargé de l'annonce de ces météores, des avertissements aux postes et aux navires en mer, reste sur un perpétuel qui-vive.

On serait tenté, en traitant des ouragans, de hausser le ton jusqu'au mode tragique et les auteurs ne s'en privent guère; l'aridité forcée des austères sujets de la météorologie disparaît un instant, et les vivants tableaux dus au pinceau de témoins oculaires, avec leurs couleurs à la fois éclatantes et lugubres augmentent l'intérêt. C'est souvent le récit de Dampier que l'on cite, ou chez les modernes la description de Milham. Nous y renverrons le lecteur. Aussi bien ne faut-il pas exagérer les dangers à Madagascar. Si notre île reçoit annuellement plusieurs visites de ce genre, elles n'ont pas toutes de funestes conséquences. Les Philippines, la Floride, Cuba, ou même les Mascareignes connaissent des périls plus redoutables que les nôtres, soit que le météore y montre réellement une violence plus grande, soit que la population plus dense, la richesse supérieure des intérêts en jeu viennent augmenter l'horreur

des destructions. Une tempête réellement dévastatrice tous les trois ou quatre ans ce serait peu pour le pays de typhons ou d'ouragans, cela suffit à Madagascar. La matière à détailler en ce chapitre est immense pour y introduire un certain ordre, on envisagera d'abord l'origine et les propriétés caractéristiques des cyclones, puis les lois que l'on connaît de leur évolution.

On ne parle ici que des cyclones malgaches, d'après les observations de Madagascar et de Maurice. Le lecteur pourra trouver davantage dans les publications spéciales du *Meteorological Office* de Londres, du *Weather Bureau* de Washington, ou dans les beaux livres du Père Algué, de Manille, du Père Froc de Zikawei, du Père Sarasola de Cuba, et dans les nombreuses monographies. Nous donnerons nous-mêmes en appendice, à titre d'exemple, quelques descriptions des tourbillons les plus caractéristiques de notre colonie.

§ 1. ORIGINE DES CYCLONES

Ces tempêtes soudaines et dangereuses sont depuis près de trois siècles l'objet attentif des préoccupations de toutes les marines. Dans les débuts on observa surtout celles des Antilles et du Pacifique Nord ou des Indes. Leur forme de tourbillons à peu près circulaires n'a été vraiment reconnue qu'au XIXe siècle.

L'historique du problème est largement développé dans *Les bases de la météorologie dynamique* d'Hildebrandsson et Teisserenc de Bort. Cette notion nouvelle d'une tempête tournante se déplaçant le long d'une trajectoire curviligne suffisait en somme au principal besoin des marins, puisqu'on en déduisait les manœuvres essentielles à faire pour éviter le pire danger. Si depuis, l'application constante des chercheurs a mieux précisé certaines propriétés de détail, si, en particulier, une controverse ardente aux Mascareignes entre Bridet et Meldrum sur la convergence des vents, sur la forme en cercle ou en spirale, en se terminant à l'avantage du directeur de l'observatoire de Maurice, a montré qu'il ne fallait pas fuir devant la tempête c'est-à-dire avec elle, les règles de navigation

ont peu varié depuis près d'un siècle. Le marin sait qu'il doit à tout prix s'éloigner du centre; s'il ne peut sortir entièrement du corps du cyclone, on l'avertit qu'une moitié du tourbillon est un peu moins périlleuse que l'autre, et qu'il vaut mieux se placer dans le demi-cercle maniable que dans le demi-cercle dangereux. Différence de violence d'ailleurs relative, et discutée de nos jours.

On a encore déterminé les lieux d'élection des ouragans, et classé les routes qu'ils fréquentent de préférence; les lois de la dynamique, appliquées aux météores, ont permis de rendre compte des formes générales des trajectoires. Mais un point reste obscur : celui de l'origine même du tourbillon. Plusieurs faits nous mettent sur la voie : les cyclones et leurs congénères se forment toujours sur mer, on les observe d'abord dans la zone des calmes équatoriaux, c'est-à-dire entre 5° et 10° de latitude environ, de part et d'autre de l'Équateur. Leur mise en marche exige donc à la fois une humidité considérable de l'atmosphère, et une température élevée. La température ne suffit pas, malgré la convection qui en résulte et les courants ascendants si tumultueux qu'on rencontre dans les orages : si elle suffisait, le typhon devrait prendre son origine sur les terres équatoriales ou sur les centres thermiques des continents, où l'échauffement est plus important qu'au-dessus des mers. L'air marin se distinguant surtout par son humidité, on voit pourquoi nous venons d'affirmer que cette haute teneur en vapeur d'eau est une condition nécessaire à la vie du météore. Ceci sera en outre confirmé par l'affaiblissement constaté, voire l'extinction complète de tempêtes abordant une région très sèche. Les mers étant à notre époque sillonnées en tous sens par la navigation, il est au moins singulier qu'aucun navire ne se soit trouvé, à point nommé, traverser la tempête en formation. Cette singulière constatation ferait supposer que les signes décelant une telle naissance sont imperceptibles ou peu perceptibles à la surface de la mer. C'est ici le lieu de se remettre en mémoire l'apologue de Griffith Taylor : l'homme, rivé aux couches basses de l'atmosphère, ne serait-il pas trop éloigné du berceau du météore pour l'apercevoir nettement, si la formation se produit dans des régions d'altitude trop grande au-dessus de sa tête?

On aurait donc des raisons de soupçonner que l'ouragan débute assez haut dans la troposphère, probablement en un point de discontinuité thermique entre l'air chaud et l'air plus frais venant du tropique.

Enfin une dernière remarque a sa valeur. Les zones océaniennes de 5 à 10° de latitude se retrouvent et au Nord et au Sud de l'Équateur sur les trois océans, Atlantique, Pacifique et Indien.

Il n'y a cependant que cinq parmi ces six espaces qui fournissent effectivement leur contingent de tempêtes : ce sont l'Atlantique Nord par la mer des Antilles, le Pacifique Nord et Sud, typhons des Philippines, ouragans d'Océanie et d'Australie, enfin l'océan Indien Nord, qui envoie ses produits aux Indes et au golfe Persique, tandis que sa partie Sud dessert les Mascareignes et Madagascar.

Il doit donc y avoir un motif suffisant pour exclure l'Atlantique Sud, une cause particulière de cette immunité. En comparant les connaissances que nous avons acquises lentement sur les océans, on devrait mettre en lumière l'élément singulier qui manque à l'Atlantique Sud alors qu'il se retrouve dans les cinq autres. D'après les écrits de Meldrum, de Fassig, cette différence consisterait dans l'absence, pour l'océan sans ouragans, de deux vents opposés en direction de part et d'autre dans la zone des calmes. Ainsi le conflit à distance de l'alizé et la mousson se disputant un coin de la ceinture de calmes équatoriaux, conflit qui manque à l'Atlantique Sud, qui se reconnaît dans les autres, serait encore ou bien la cause déterminante, ou du moins une nouvelle condition essentielle à l'éclosion du tourbillon initial.

Si cette dernière explication était admise par tous, il ne subsisterait plus que des variantes de détail dans les oppositions entre les deux théories en présence, celle de la convection thermique, celle de la formation mécanique.

Le Père Colin rappelle ici que l'exploration méthodique de la haute atmosphère, entreprise depuis bien des années par cerfs-volants, par ballons-sondes, par avion finira par percer le mystère.

Il est certain que l'on parvient ainsi à se procurer des renseignements précieux, et que les courbes d'appareils enregistreurs permettent de

connaître jusqu'à des 15, 20 et même 31 kilomètres la variation des principaux éléments météorologiques à un moment donné.

On sait que ce procédé a révélé à Teisserenc de Bort l'existence d'une couche isotherme remplissant, au-dessus de 10 à 11 kilomètres, cette stratosphère plus calme que la troposphère inférieure. Accueilli avec surprise, ce fait est désormais acquis.

Dans nos régions australes, les moyens d'observation ne sont pas encore aussi perfectionnés. Les sondages de Batavia et quelques expériences de l'Afrique orientale nous sont seuls connus. De ces derniers, où dans la région des lacs (Victoria, Nyanza) et près de Zanzibar, les ballons atteignent 19,800 mètres, on peut retenir que la température baisse bien plus au-dessus des pays équatoriaux que dans les régions tempérées. Alors qu'en Europe l'équilibre thermique est atteint autour de 60° centigrades en dessous de zéro, dans l'Est Africain le thermomètre ne cessait de descendre qu'à 84° (en surface l'air marquait + 26°).

Si l'on admet 11 kilomètres pour hauteur moyenne de la base de la stratosphère en Europe, il faudrait chez nous renoncer à l'atteindre avant 19 ou 20 kilomètres. Donc dans ces couches d'air qui circulent, au-dessus de nos têtes, les phénomènes thermiques seraient en opposition avec nos constatations de surface. Dans les climats tempérés, plus faible épaisseur de l'enveloppe atmosphérique soumise à la turbulence, équilibre thermique établi à un degré moins profond de l'échelle; au-dessus des régions torrides la turbulence ascensionne plus haut, prend d'assaut une tranche d'air plus considérable, et l'équilibre n'est obtenu qu'à une température excessivement basse.

On voit que si l'air tropical s'agite jusqu'à 20 kilomètres, l'espace en hauteur ne manque pas aux cyclones pour trouver un niveau d'élection : s'ils dédaignent pour des raisons qui nous échappent encore, de venir se former à la surface de l'eau, rien ne nous permet de fixer à quelle altitude il convient de chercher pour surprendre le secret de leur naissance.

Origine thermique des cyclones. — On peut la schématiser ainsi : supposons qu'une masse d'air calme se trouve fortement échauffée; cette

masse se dilate, perd de sa densité. L'équilibre est rompu avec l'air adjacent plus froid et plus lourd, avec les couches denses qui surmontent l'échauffement. Comme d'énormes bulles, l'air chaud s'élève, et si la surface est grande, une série de colonnes gazeuses ascendantes se forme.

De toutes parts l'air froid afflue pour combler ce vide.

Sous cet effort centripète convergent, les couches centrales ne peuvent s'échapper latéralement, ni vaincre la résistance de la surface inférieure, de la mer. Si le processus d'échauffement dure suffisamment, si l'appel aux couches froides s'étend assez loin, l'influence de la rotation de la terre va se faire sentir. Ce n'est plus un afflux strictement centripète en ligne droite comme les rayons d'une circonférence. Les molécules d'air sont déviées, elles se dirigent vers le foyer d'appel suivant des fragments de spirale, et un mouvement général de rotation est communiqué à la masse entière.

Le pas le plus difficile est franchi, puisque le tourbillon existe. Son développement, sa persistance s'expliquent plus aisément : de ces masses d'air humide et chaud, qui s'élèvent au centre, un dégagement va s'opérer par le fait même de l'ascension.

Le degré de saturation est promptement atteint; alors la vapeur d'eau se condense, en stratus au voisinage de points d'inversion de température, mais ici plutôt en cumulus, en nimbus; la condensation s'accélère, les pluies se forment; l'air s'allège de la vapeur d'eau en suspension, et par là même le calorique latent se dégage en abondance; dans ce calorique le fonctionnement de la machine à raréfier l'air trouve l'énergie dont elle avait besoin; l'aspiration se fait plus énergique, l'entonnoir se creuse, la rotation prend sa vitesse de régime, tandis que l'air s'échappe par le haut de la cheminée d'appel, pour revenir apaisé achever le circuit en remplaçant au loin les couches froides affluant par le bas.

Cette série d'évolutions ne s'accomplit pas en un jour; les causes initiales, rassemblées dans les circonstances favorables n'acquièrent pas d'un coup l'intensité voulue. Mais une fois en route la tempête se déplace

poursuit sa trajectoire déviée deux fois par la rotation de la terre. Une période de durée variable sera nécessaire pour anéantir tant d'énergies accumulées : ou bien l'affaiblissement proviendra d'un développement exagéré de l'ouragan, qui embrasse des surfaces énormes, et s'use par l'inertie des frottements des couches qu'il entraîne et qu'il heurte; ou bien il viendra s'affronter avec une puissante zone de hautes pressions qu'il ne fera qu'entamer en mourant; ou bien il périra d'inanition lorsque, traversant des régions ou trop sèches ou trop froides l'air introduit à sa base, au lieu d'alimenter ses énergies, absorbera son calorique et son humidité.

Hypothèse de l'origine mécanique du cyclone. — Les imperfections de la théorie basée sur la seule convection sont notables. Les circonstances favorables exigent un tel nombre de coïncidences pour la seule mise en train du mouvement de rotation, qu'elles semblent à bien des esprits irréalisables.

L'air de la zone des calmes s'échauffe à peu près uniformément sur de vastes espaces. L'afflux qui accompagne son ascension n'est pas assez brutal pour occasionner ces courants d'appel à grande distance qui expliqueraient la déviation des courants horizontaux par la rotation de la terre. Des averses d'instabilité, quelques grains locaux, voilà la conséquence simple, d'ailleurs conforme à ce que l'on voit dans le « pot-au-noir » des marins.

Les partisans de l'hypothèse mécanique cherchent ailleurs l'impulsion initiale. Comme ces remous dont l'eau de rivière se creuse à la rencontre des obstacles, comme ces trombes élémentaires de poussière qui s'élèvent des chemins surchauffés, ou du sable du désert, le tourbillon premier serait dû au heurt de deux courants d'air opposés. La force centrifuge créée par la rotation raréfie, aspire l'air dans la portion centrale. Si, avec Thom et Meldrum pour l'océan Indien, avec Fassig pour les Antilles, on insiste sur l'existence de fait des souffles de mousson et d'alizé séparés dans leur course contraire, par cette zone turbulente des calmes, d'où l'on s'accorde à faire sortir les ouragans, la théorie mécanique prend un aspect séduisant.

Sans choisir entre les deux systèmes, il est permis de croire que chacun d'eux contient sa part de vérité. L'un donne satisfaction quant à l'accroissement, à la persistance, l'autre quant à l'élan premier. De fait les cyclones nous viennent des plaines marines à forte convection verticale, plus active peut-être au voisinage de petites îles perdues dans l'océan; l'absence des courants opposés dans l'Atlantique Sud, leur présence au moins passagère dans les nids à cyclones, la facilité qu'ils donnent à l'esprit pour concevoir ce remous initial, ce coup de pouce qui localise l'action en un point déterminé de l'immense étendue favorable, autant de présomptions en faveur d'une solution mixte.

Dans le cas particulier de l'océan Indien méridional qui, seul intéresse la présente recherche, M. Meldrum remarquait qu'aux environs des Seychelles surgissaient les tempêtes, qui s'infléchissent vers Madagascar et le canal de Mozambique. Or les observations météorologiques du port de Mahé établissent, de novembre à avril, la présence de deux vents opposés, Nord-Ouest et Sud-Est, la mousson de Nord-Ouest soufflant 70 fois sur 100, l'alizé 30 fois environ. Si l'on ne saisit le conflit au niveau du sol, les sondages le montrent-ils en altitude?

Par ce procédé d'investigation nous savons d'abord que les brises locales alternatives dites de terre et de mer s'éteignent bien vite entre 100 et 300 mètres; le vent de mousson se fait sentir jusqu'à une altitude d'environ 4,000 mètres dans la saison où nous parlons; quant à l'alizé sa structure est assez bien définie. Voisin du sol ou de l'eau sous 30° de latitude, il monte environ jusqu'à 3,000 mètres au-dessus des côtes de la partie médiane de Madagascar, et s'élève encore plus haut en se rapprochant de l'Équateur. Un nouveau courant d'Ouest a été trouvé dans les sondages de l'Est africain vers 15 kilomètres surmonté lui-même vers 20 kilomètres par un deuxième fleuve aérien de l'Est.

Comment se comportent, dans leurs parties adjacentes, ces vents superposés? Quelles résultantes de la contiguïté? Quelles réactions dans les surfaces de discontinuité? Ce sont bien des questions sans réponse à l'heure actuelle. Des écarts considérables de température et d'humidité existent entre ces flots de provenances opposées; si leurs contacts ou

leurs mélanges suffiraient à engendrer des tourbillons à axe vertical, la formation des typhons serait de chaque jour. Il faut une fois de plus confesser notre ignorance; le progrès s'acquiert lentement.

Une chose nous paraît certaine, et nous l'affirmons d'autant plus volontiers avec le Père Colin que des statisticiens d'Europe, analysant de seconde main les éléments des cyclones, semblent plus enclins à la méconnaître, sous la foi de vieux documents d'interprétation douteuse. C'est au niveau des nuages supérieurs, dans les couches filamenteuses des cirrus, dont les mesures par photothéodolites faites à Manille spécifient l'altitude indiscutable que nous apparaissent de préférence et en grand nombre les signes précurseurs des tempêtes et de changement de temps plus faibles. A Tananarive les vrais cirrus sont relativement rares, et difficiles à observer dans la turbulence orageuse de nos journées d'été. A l'approche du cyclone, l'orage se tait pour nous (je dis pour nous, car il importe de ne pas généraliser indûment ce que nous constatons de nos yeux). L'orage se tait, croyons-nous, parce qu'il ne se forme guère qu'au sein du marais barométrique, là où le gradient est faible, incertain, les isobares éloignées les unes des autres. Il n'est pas de situation plus franche que celle du cyclone, de gradient plus raide, d'isobares plus entassées; l'orage n'aura donc sa place qu'un temps notable après le passage du centre, et ordinairement il fera ici totalement défaut. Donc nous sommes parfois moins gênés pour observer les couches supérieures; quelquefois, pas toujours, la compression due à l'anneau de Galton aura balayé l'atmosphère. Les cirrus convergent ou non. Le voile habituel de cirro-stratus avec ses halos solaires et lunaires, des irisations délicates, des colorations anormalement cuivrées au coucher du soleil, des directions de routes particulières des nuages, autant de signes que nous avons appris à discerner, et que nous devons à des couches élevées de l'atmosphère. Ceci n'implique pas d'ailleurs nécessairement que le centre actif du cyclone soit à ce niveau, hypothèse vraisemblable, mais invérifiée. Nous n'avons pu soulever entièrement le voile mystérieux dont s'enveloppe la genèse du météore : sur sa constitution du moins, nous pouvons apporter quelques précisions utiles.

§ 2. STRUCTURE DU CYCLONE

Dans son ouvrage resté classique *Baguios o cyclones filipinos* le Père José Algué, S. J., écrivait en 1894 : « Un baguio ou typhon est un vaste tourbillon de courants aériens autour d'un espace central de calme, relativement restreint, nommé vortex du Baguio. »

La définition que l'on trouve sous la plume de M. Coyecque (*Notions de météorologie générale et nautique*, p. 189, Paris, Berger-Levrault, 1925), est également descriptive, mais plus complète. Parlant à des marins M. Marcel Coyecque dit : « Le cyclone intertropical est un tourbillon de vents convergents autour d'un centre de très basse pression avec une vitesse croissante de la périphérie au centre où il deviennent à peu près circulaires. » Quoique cette définition embrasse un plus grand nombre d'éléments caractéristiques qu'il importe de graver dans la mémoire d'élèves officiers au long cours, nous regrettons de n'y voir plus figurer le calme bien connu de l'espace central.

1º *Centre de très basse pression.* — Citons quelques chiffres de nos régions pour préciser l'importance de ce terme. Le 29 avril 1892, dans un cyclone mémorable, l'observatoire de Maurice constate 53 millimètres au-dessous de la moyenne mensuelle; les 21 et 22 mars 1904, la Réunion observe 46 millimètres; Vatomandry 40 millimètres le 28 janvier 1893, la Réunion encore 37 millimètres le 6 mars 1899; le barographe du paquebot *Salazie* lors de son naufrage le 24 septembre 1912, descendit de 38 millimètres; la baisse est 36 millimètres à Vatomandry le 31 janvier 1926; de 33 millimètres à Antalaha le 10 décembre 1902 et de 31 au même lieu le 1er avril 1905.

Le livre du Père Algué (p. 40) montre qu'aux Philippines certains typhons très profonds par exemple celui d'*Aparri* le 20 juillet 1896, où l'aiguille ne s'arrête qu'à 716,3, ne sont pas aussi dévastateurs dans leurs effets que des baguios moins accentués comme celui du 31 octobre de la même année au même lieu; il fut vraiment terrible et cependant le baromètre ne descendit pas au-dessous de 740.

Nous n'avons pas d'observations de ce genre à Madagascar; elles ne

nous paraîtraient pas *a priori* invraisemblables, tant un cyclone diffère du précédent. Mais le Père Colin note au contraire : comme la valeur de la baisse barométrique est toujours en rapport direct avec la violence de la tempête, on peut se faire une idée de l'étendue des dégâts.

2° Les masses d'air qui forment le corps du météore sont animées d'un double mouvement, de rotation autour du centre, de translation le long d'une trajectoire plus ou loins parabolique. Pour la commodité de l'exposition, nous envisagerons séparément chacun de ces mouvements, nous attachant ici à la rotation, et remettant au paragraphe suivant tout ce qui a trait à la trajectoire.

En parlant de l'origine du cyclone, nous avons déjà dit que les masses d'air appelées vers le vide central, ne pouvaient suivre une route rectiligne. Si une force déviante ne les sollicitait, les molécules aériennes se précipiteraient vers la région raréfiée. Pratiquement sur ces trajets immenses, les couches convergentes auront à subir l'influence de la rotation de la terre; elles affluent en effet de zones éloignées équatoriales où cette rotation est plus rapide, de zones tempérées où la vitesse considérée est plus lente. Ferrel, a le premier, étudié mathématiquement les déviations qui résultent de cette perpétuelle composition entre la force centripète et le mouvement de la terre; dans l'hémisphère Sud, pour un observateur debout à l'Équateur et faisant face au pôle austral, la déviation aura lieu vers la gauche. Les couches d'air qui constituent le corps du cyclone constituent un vrai tourbillon ascendant, où la rotation a lieu dans le sens des aiguilles d'une montre.

Si, dans ce mouvement la force centripète et la force centrifuge sont égales entre elles, la forme sera circulaire; on constate cette forme ordinairement dans le voisinage du calme central où la force centrifuge acquiert un maximum d'intensité; à plus grande distance du centre l'équilibre ne se manifeste plus, les couches d'air de surface, celles dont on mesure la direction par la girouette ont une composante centripète plus grande. La rotation se fait en spirales et les vents, au lieu de rester tangents aux isobares, les coupent en convergeant plus ou moins vers le centre.

Mais à une altitude un peu plus grande les couches d'air n'ont pas à subir sur leur route les mêmes frottements que sur l'eau, sur le sol, sur les aspérités ou les reliefs du terrain. L'importance de ces frottements est très réduite déjà vers 500 mètres d'altitude. La couche aérienne où flottent les nimbus, les nuages bas, les nuages de pluie, tourne en cercle à peu près parfait autour du centre.

Ceci nous donnera tout à l'heure une double approximation de la direction de ce centre : de la direction des vents de surface, et d'une évaluation empirique de l'angle de convergence nous pourrons tirer une première indication; comme il est presque toujours possible d'observer également la direction suivie par les nuages bas, nous saurons que le centre du cyclone se trouve sur une perpendiculaire à cette direction. On verra de quel côté.

3° *Vitesse du vent autour du centre.* — Il est prudent de remarquer combien des mesures doivent varier d'un cyclone à l'autre, alors même qu'on peut les prendre à leur maximum d'intensité, près du calme central. La dépression peut être profonde ou faible; à égalité de profondeur de baisse, les isobares seront très rapprochées, le gradient fort, si le diamètre du cyclone est restreint. Mais on voit des ouragans d'énorme étendue, des zones de calmes étroites, d'autres larges.

Dans un même cyclone l'énergie peut s'être conservée entière, quand il fond sur nous, ou bien avoir diminué notablement en cours de route. Le centre se creuse, ou il se comble, ou bien son creux paraît ne pas varier; celui-ci vient de naître et n'a pas son développement quand il se heurte à Madagascar; celui-là est en marche depuis huit ou dix jours, et entraîne sur l'océan Indien des masses d'air dont le rayon atteint 800 kilomètres.

Pour des vitesses observées réellement il faut faire appel à l'expérience du monde entier; car il est rare que le point vif du météore vienne passer sur une station pourvue d'anémomètres.

Nous n'avons sur ce point aucune donnée proprement malgache : on a bien pris soin de fournir à nos ports les instruments, et quelques-uns ont depuis lors été visités par un cyclone. Mais on doit supposer que l'air de la mer a vite détérioré les pivots ou les engrenages de leurs

moulinets. Force nous est de recourir à des observations étrangères. Le 29 avril 1892, dans ce cyclone, dont il a déjà été question, l'observatoire Royal Alfred de Maurice, entre 15 et 16 heures enregistra 191 kilomètres en une heure. C'est donc une vitesse *moyenne* de 53 mètres par seconde; on conçoit que les vitesses instantanées des rafales ont dû notablement dépasser ce chiffre.

Point Reyes, non loin de San-Francisco, note le 13 mai 1902 une vitesse horaire allant de 163 à 194 kilomètres, valeurs voisines de la précédente. Les ailettes de l'anémomètre furent arrachées après un parcours de 16,000 kilomètres. A Manille le 20 octobre 1882 on atteint environ 200 kilomètres à l'heure, et 205 à l'observatoire de montagne de Bielaniska (Bosnie, altitude 2,067 m.) le 1er avril 1898. Enfin Porto-Rico signale que le 17 août 1899 vers 13 heures, la vitesse varia entre 190 et 240 kilomètres. Ce dernier chiffre représenterait 61 mètres à la seconde. Ces valeurs constatées seront un guide pour les ingénieurs des Travaux Publics qui ont plusieurs fois demandé à quelles pressions devaient résister les ouvrages d'art en temps de cyclone. Les valeurs de base à Madagascar seraient de l'ordre de 60 mètres à la seconde, sur la côte Est et de 40 seulement sur le plateau pour des vitesses de vent au voisinage du centre; il ne nous appartient pas de chiffrer un coefficient de sécurité. Les 40 mètres du plateau sont donnés d'après les enregistrements de l'anémomètre de l'observatoire de Tananarive le 29 janvier 1893 et le 3 mars 1927. Cette tempête de 1893 qui fut terrible à Vatomandry, pénétra dans la région montagneuse de l'île (voir plus loin sa trajectoire) et passa à environ 150 kilomètres de Tananarive; elle causa peu de dégâts en Imerina, la vitesse du vent au sol étant moindre, sans doute, que celle qui agitait le moulinet Robinson à 10 mètres au-dessus du sommet, alors dénudé d'Ambohidempona. La vitesse moyenne pour l'ensemble des heures de nuit fut 90 kilomètres à l'heure; certainement des rafales de courte durée durent être plus violentes.

4° *Région de calme central.* — Notre chapitre de météorologie malgache ne peut remplacer un traité de cyclonomie; il faut abréger, là où nos stations n'apportent pas d'éléments nouveaux d'information.

D'après ce qu'on a dit plus haut sur la direction des vents, et sur la forme à peu près circulaire des isobares auprès du centre, l'observateur qui se trouve sur la trajectoire du cyclone n'éprouvera guère que deux vents principaux. Des rafales oscilleront bien de part et d'autre, mais somme toute la pointe de la girouette sera tournée vers un cap déterminé de la rose avant le passage du centre. Le vent, conservant son orientation, augmentera simplement de force : et cette fixité même sera pour l'observateur la meilleure indication du sort qui le menace. Brusquement, aux bouffées violentes, succède un calme impressionnant, tant le contraste est frappant. A ce moment le baromètre est généralement parvenu à son point le plus bas. Le calme peut ne pas être absolu : on a vu des cyclones ou des brises folles se faisaient sentir, d'autres où une diminution instantanée de vitesse était perceptible. Puis après une durée variable, la tempête reprend aussi soudainement qu'elle avait cessé. Mais alors la girouette a d'un seul coup tourné de 180 degrés, et le nouveau vent fait rage dans un cap totalement opposé à celui de naguère. Cette saute complète est trop connue pour qu'il soit utile d'insister.

Par exemple à Vatomandry le 31 janvier 1926, le vent a soufflé en tempête du Sud-Sud-Ouest depuis 0 heure jusqu'à 8 heures. De 8 heures à 10 heures, calme plat. A 10 heures l'ouragan reprend du Nord-Nord-Est, effrayant de 12 à 15 heures, diminuant graduellement ensuite. Pendant le calme le baromètre était tombé à 720 millimètres.

La durée du calme central est variable entre quelques minutes et 4 ou 6 heures. La durée la plus extraordinaire sera celle du 22 mars 1903, à Vatomandry encore, calme de 16 à 22 heures, soit 6 heures avec chaleur intense. On imagine bien qu'elle est fonction de plusieurs variables, notamment du diamètre intérieur du cyclone, et de sa vitesse de translation. Le 28 janvier 1893, encore à Vatomandry le vent est Sud-Ouest, le gradient atteint 17 mm. 3, lorsque le calme se fait à 20 heures; la brise saute brutalement au Nord-Est en reprenant avec violence à 21 h. 22 : le passage du centre a donc duré 1 h. 22 minutes. La remontée du baromètre a commencé à 20 h. 45.

Antalaha observe le calme central pendant 3 heures le 9 décembre 1902,

ce même soir à Maroantsetra le calme dure 45 minutes mais ce n'est qu'une partie de la zone centrale qui traverse ce poste : Maroantsetra est sur une corde du cercle, non sur un diamètre. Le 11 décembre le Père Colin note 3 h. 12 minutes pour la durée aux environs de Mævatanana.

Le 24 novembre 1912 dans la baie de Rigny, auprès de Diégo-Suarez, nous n'avons encore qu'une corde au lieu d'un diamètre.

La durée du calme est de une heure, et la vitesse du déplacement du centre était estimée à 15 kilomètres à l'heure.

Lorsque la station n'est pas exactement sur ce passage on peut ne pas observer de calme central, surtout si le diamètre du tourbillon est petit. Les vents tourneront bien de 180°, mais non d'un seul coup; on pourra au moins noter un cap intermédiaire.

C'est le cas tout récent de Nosy Varika, sur la côte Est, entre Mahanoro au Nord et Mananjary au Sud. Le 8 janvier 1927 une tempête cyclonique de faible diamètre l'aborde par le Nord-Nord-Est. On observe un fort vent de Sud-Est toute la nuit; dans la matinée les rafales tournent à l'Est jusqu'à 13 heures; elles ont diminué d'intensité sans tomber tout à fait. A 15 heures le vent est Nord, et tend à faiblir. Il se produit là un autre phénomène particulier : la trajectoire du cyclone est en train de se courber.

Nous avons envisagé dans le corps de l'ouragan toutes les notes constitutives données par le Père Algué et M. Coyecque. On reviendra plus loin sur le degré pratique de convergence des vents.

Passons maintenant au mouvement de translation du météore.

§ 3. TRAJECTOIRE DU CYCLONE

Les masses d'air du cyclone a-t-on dit sont animées d'un double mouvement : rotation rapide autour d'une zone de calme central que nous venons d'examiner; déplacement d'ensemble de tout le corps du tourbillon, le long d'une route ou trajectoire plus ou moins régulière et à une allure plus lente.

Ces trajectoires a-t-on écrit, affectent un peu partout le dessin d'une courbe qui ressemble à une parabole. Il en est cependant qui s'en écartent

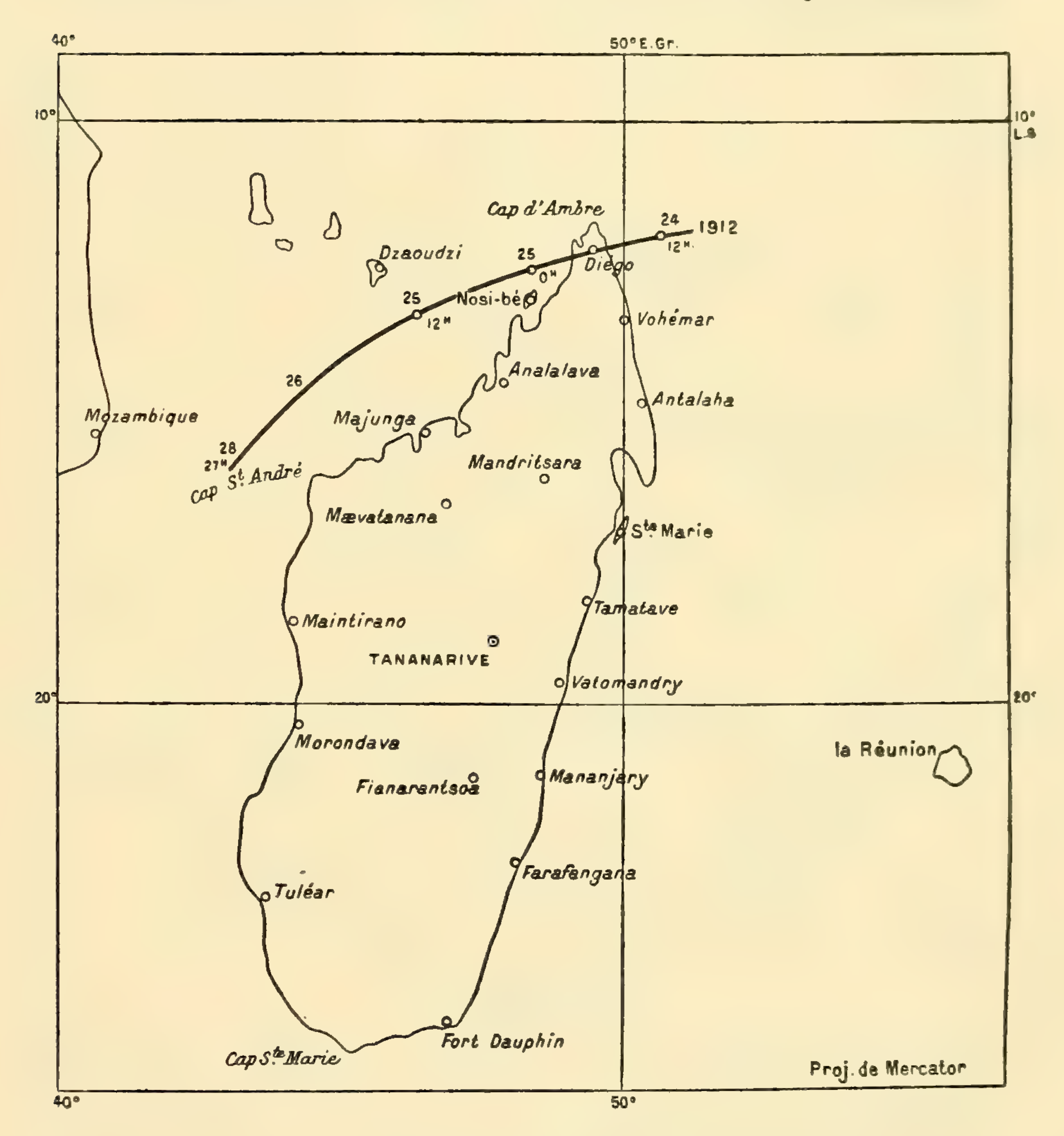


Fig. 8. — Cyclone de novembre 1912 : du 24 au 28.

franchement; le trajet réel se rapproche quelquefois d'une ligne droite et dans de rares occasions on a constaté des régressions passagères, de véritables boucles.

Les météorologistes anciens surtout les statisticiens ou les calculateurs ont cherché une explication basée sur la circulation générale de l'atmo-

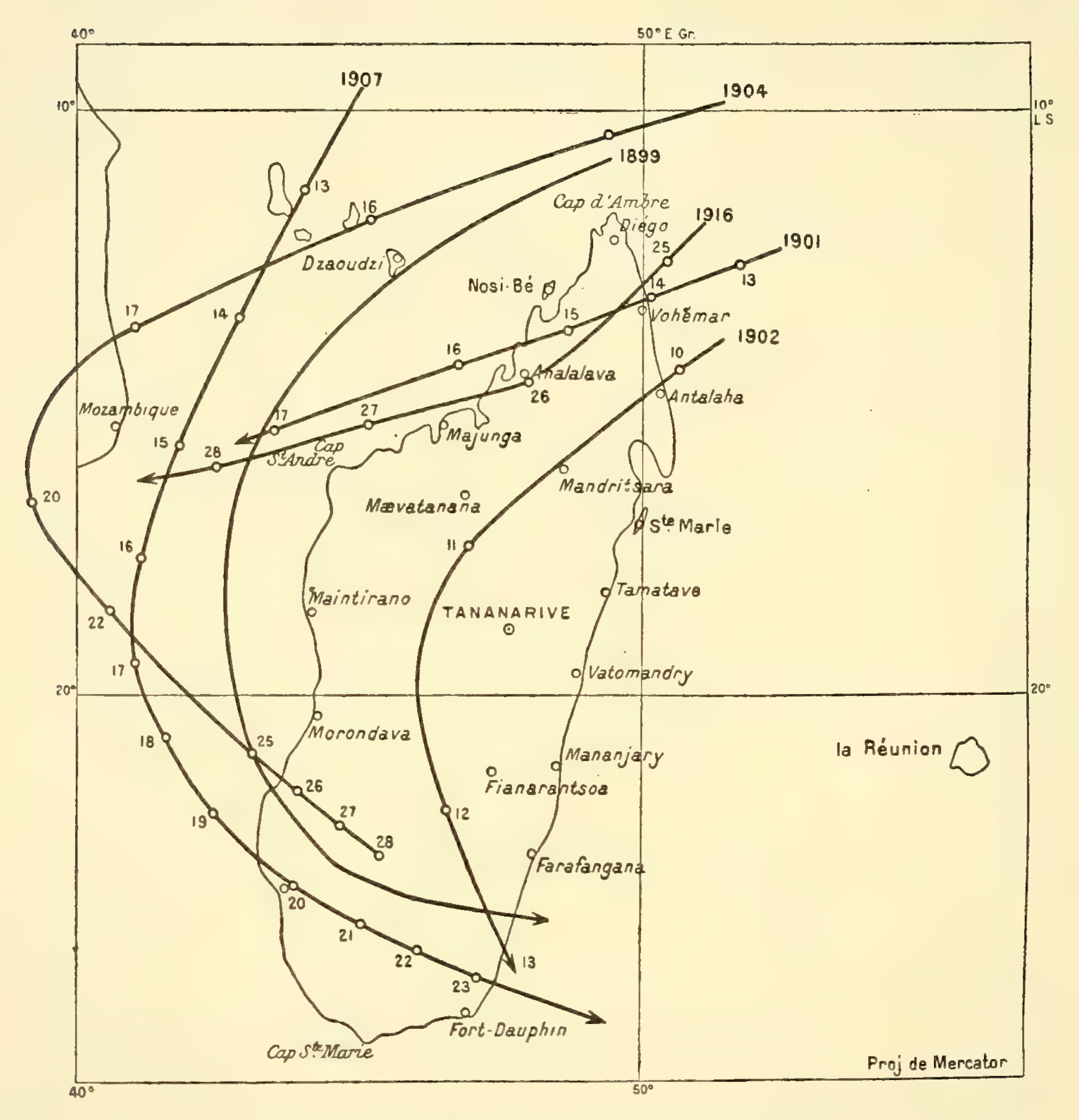


Fig. 9. — Cyclones de décembre. — **1899** : du 15 au 22; **1901** : du 13 au 17; **1902** : du 10 au 13; **1904** : du 15 au 28; **1907** : du 13 au 24; **1916** : du 25 au 28.

sphère. On conçoit que les raisons qu'ils soulignent puissent suffire dans le cas du tracé parabolique.

Il faut faire appel à des faits plus concrets pour rendre compte des trajets anormaux.

1° *Première branche.* — Pour Madagascar et l'océan Indien méri-

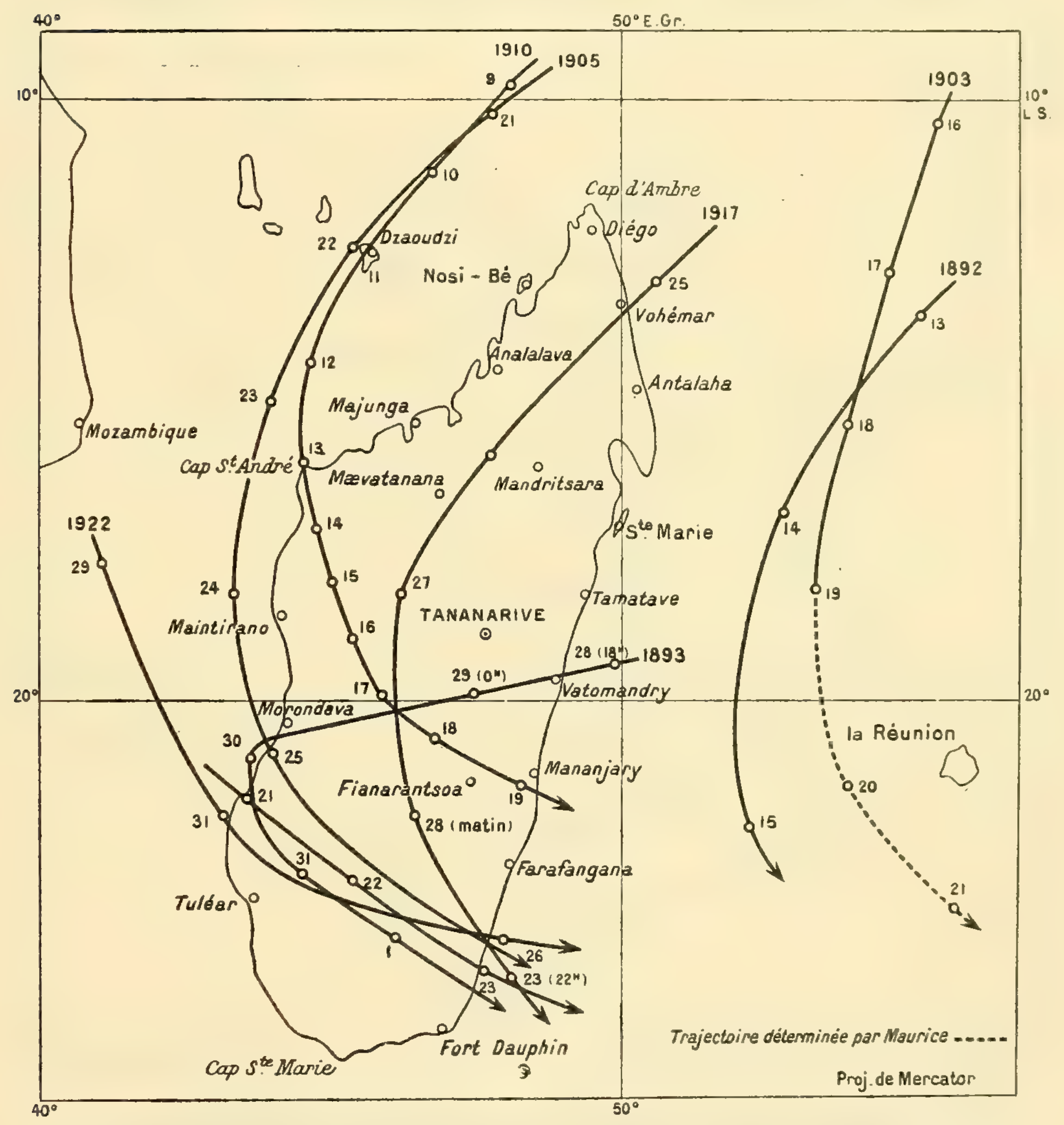


Fig. 10. — Cyclones de janvier. — **1892** : du 13 au 15; **1893** : du 28 au 2 février; **1903** : du 16 au 21; **1905** : du 21 au 26; **1907** : du 21 au 23; **1910** : du 9 au 19; **1917** : du 25 au 28; **1922** : du 29 au 1er février.

dional l'immense système aérien du cyclone se transporte tout d'abord du Nord-Est au Sud-Ouest; à une latitude plus ou moins basse, la marche

se ralentit, la direction s'infléchit, vers la gauche pour un mobile allant dans le même sens que le cyclone, le météore fait route alors du Nord-

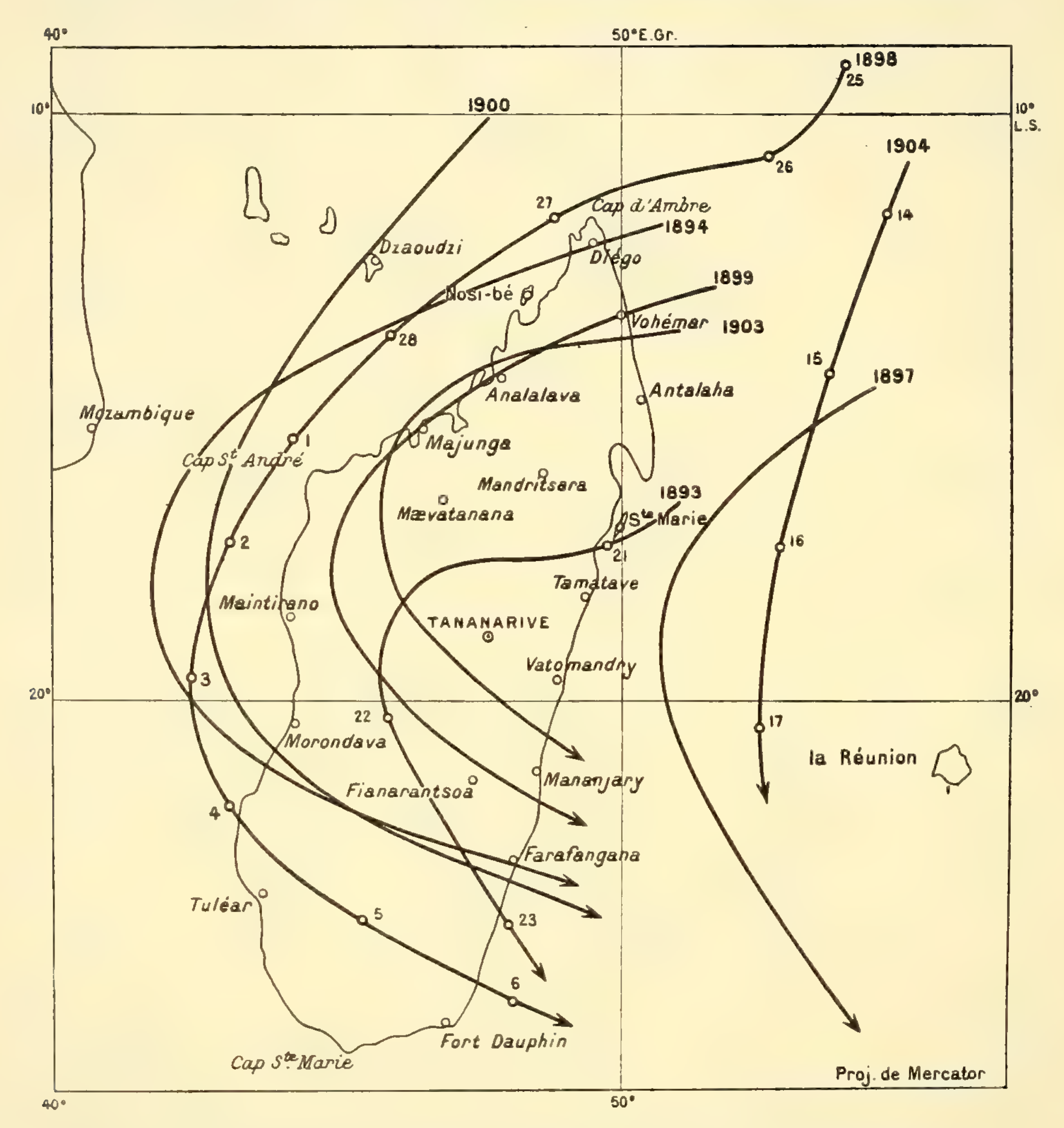


Fig. 11. — Cyclones de février. — **1893** : du 20 au 23; **1894** : du 5 au 18; **1897** : du 16 au 22; **1898** : du 25 au 6 mars; **1899** : du 3 au 11; **1900** : du 17 au 20; **1903** : du 9 au 11; **1904** : du 14 au 18.

Ouest au Sud-Est, avec une vitesse progressivement accrue; il s'étend, perd de sa force, et va, s'il n'est éteint en route, rejoindre au delà du tropique les dépressions des climats tempérés.

Les lois de la circulation générale peuvent être invoquées. En effet le tourbillon schématique se réduit à une masse d'air chaud

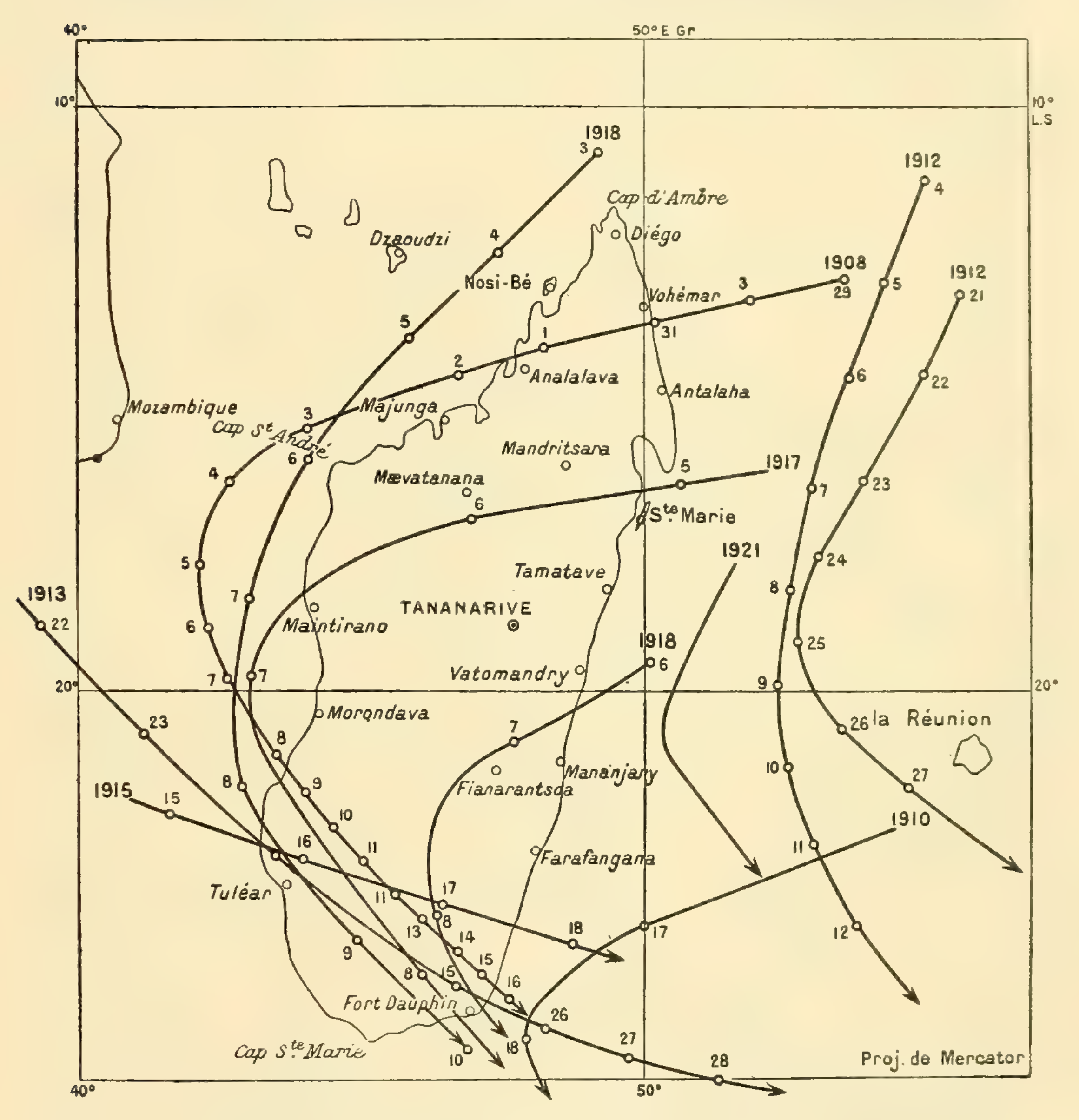


Fig. 12. — Cyclones de février (*suite*). — **1908** : du 29 janvier au 16 février; **1910** : du 16 février au 18; **1912** : du 4 au 12, du 20 au 27; **1913** : du 22 au 1er mars; **1915** : du 15 au 18; **1917** : du 5 au 8; **1918** : du 3 au 10, du 6 au 8; **1921** : du 10 au 12.

montant au-dessus de la partie centrale, rejetée loin de l'axe de rotation dans les couches élevées, remplacée à chaque instant par l'afflux

vers sa base des molécules appelées, aspirées par cette immense pompe. Ces masses d'air participent au mouvement de rotation de la

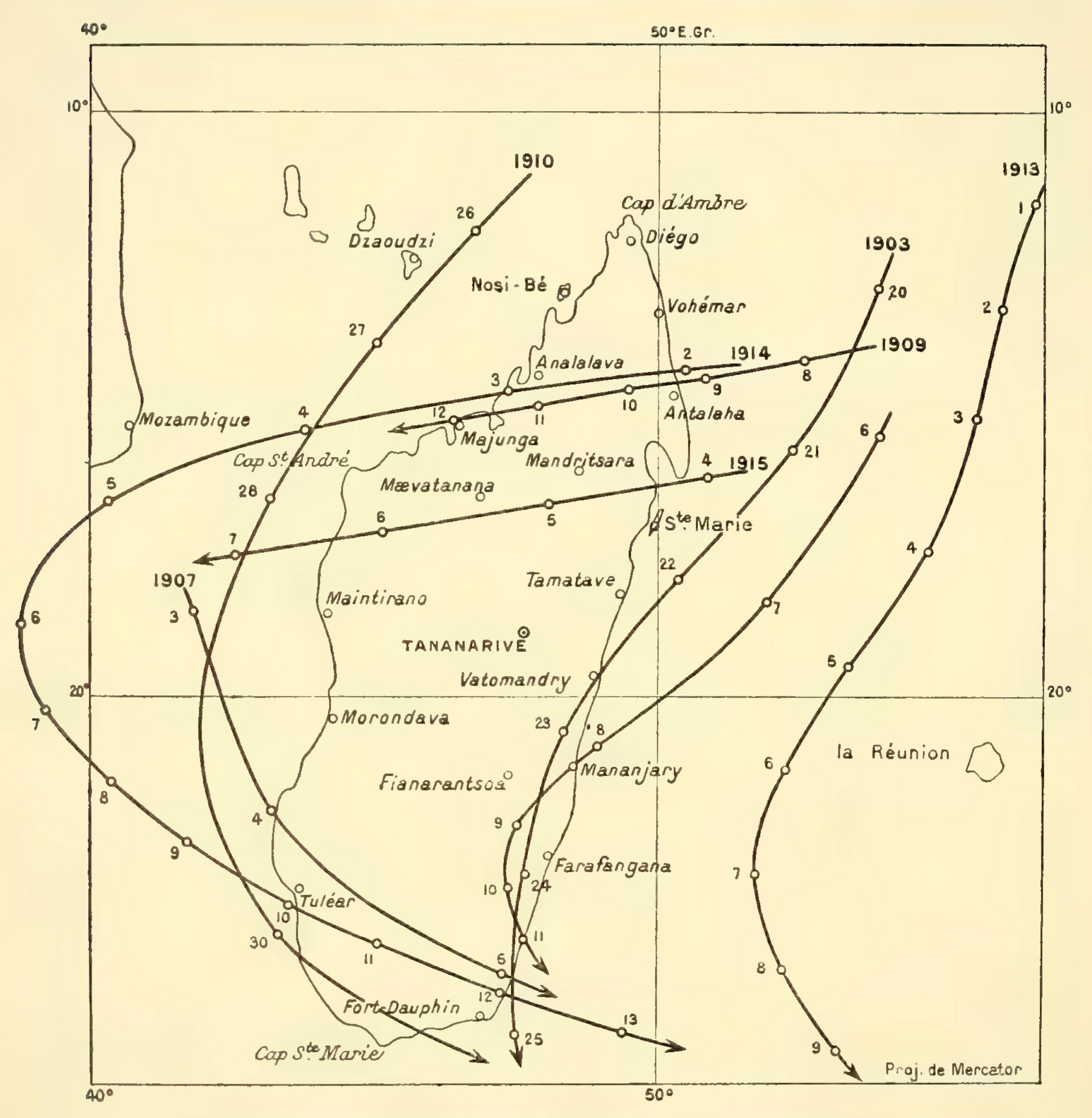


Fig. 13. — Cyclones de mars. — **1903** : du 20 au 25; **1907** : du 3 au 5, du 6 au 11; **1909** : du 8 au 12; **1910** : du 26 au 31; **1913** : du 1er au 9; **1914** : du 2 au 13; **1915** : du 4 au 7.

terre, qui les emporte d'Occident en Orient. Dans leur ascension, la force vive s'accroît jusqu'au niveau où l'énergie du météore est au maximum; si l'on admet comme il a été dit plus haut, que c'est un dégagement

de chaleur latente qui fournit la force motrice, ce maximum paraît être placé vers le niveau de la condensation de la vapeur d'eau, c'est-à-dire

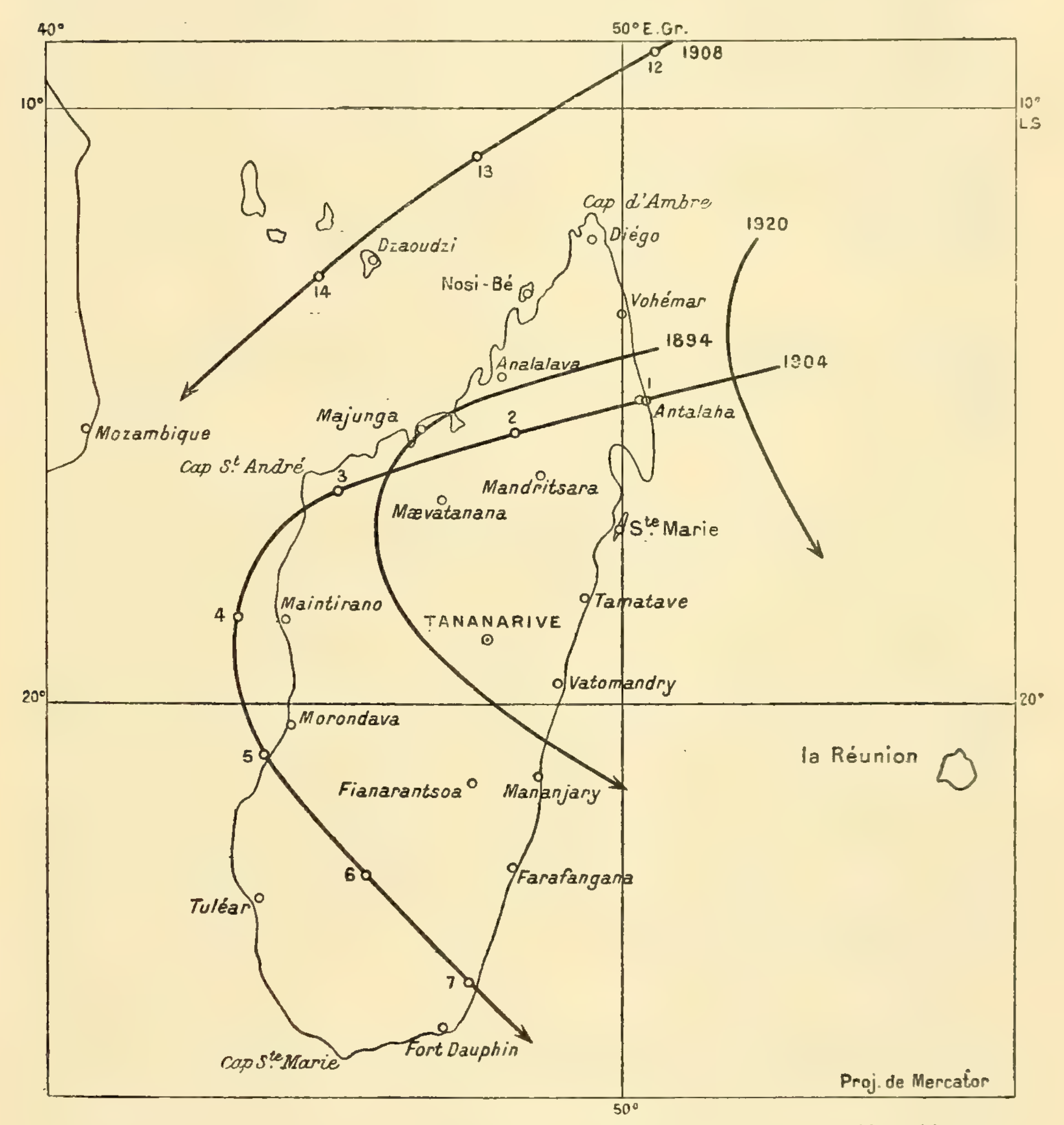


Fig. 14. — Cyclones d'avril. — **1894** : du 28 au 30; **1905** : du 1er au 7; **1908** : du 11 au 14; **1920** : du 1er au 2.

relativement bas. La force vive des molécules s'affaiblit rapidement ensuite; elles rencontrent sur leur chemin des couches atmosphériques animées de vitesses différentes de la leur, et de température plus basse.

L'entraînement d'Ouest en Est est maximum au niveau de la mer. Au fur et à mesure que les molécules montent, elles retardent par rapport aux régions, qu'elles viennent de quitter, et leur déplacement relatif par rapport au sol aura bien une composante vers l'Ouest. Comme l'air chaud équatorial, tout cet air rejeté par la pompe ressent aussi l'appel vers les régions plus froides qui sont chez nous situées au Sud. La résultante de ce double entraînement vers le Sud et l'Ouest, sera donc bien pour le cyclone, une trajectoire initiale allant vers les régions Sud-Ouest.

L'ordre de grandeur de la vitesse de translation peut être connu par l'expérience. On devine bien qu'il n'est pas constant, pas plus que n'est immuable, d'une tempête à l'autre, l'inclinaison de route vers un cap du compas.

On peut dire que le mouvement de translation est lent dans les débuts, le Père Colin l'estime de 2 à 9 kilomètres à l'heure; pendant que la dépression se dirige vers le Sud-Ouest, la vitesse serait comprise entre 10 et 20 kilomètres à l'heure, si le trajet n'est pas hérissé d'obstacles.

Pendant le cyclone du 10 au 12 décembre 1902 à Madagascar, le déplacement horaire était voisin de 20 kilomètres; il était de 10 seulement les 22 mars 1903 et 1er avril 1905; enfin dans le cas particulier du 24 novembre 1912 on trouva 12 à 15 kilomètres le jour et 23 la nuit.

2° *Inflexion de la trajectoire et deuxième branche.* — Nous restons sur le terrain de la météorologie générale; on dira en terminant un petit mot des causes dynamiques, mal connues à Madagascar dont l'action peut dévier les trajectoires.

Il semble hors de propos d'introduire dans ce livre des considérations d'ordre mathématique : elles seraient nécessaires pour décrire le chemin que doit suivre une masse d'air sans cesse retardée par la friction et le mélange, appelée vers les régions froides du Sud et traînant par sa base sur un globe dont la vitesse tangentielle est 463 mètres par seconde à l'Équateur, moitié moindre à la latitude 45°, nulle au Pôle. Laissons de côté la loi mécanique de conservation des aires. Le résultat seul importe ici. Qu'il nous suffise de noter que, dans sa course Sud-Ouest, le

cyclone parcourt des régions dont la latitude augmente, et la vitesse tangentielle diminue.

Un moment viendra où le déplacement relatif du météore et de la terre paraîtra nul. Pour l'observateur terrestre, la vitesse du cyclone diminue. La trajectoire s'arrête dans sa direction Sud-Ouest, elle hésite. A Madagascar la latitude du point d'inflexion varie entre 15° et 22°.

Mais la force d'attraction vers le Sud sollicite toujours l'air chaud du météore. Il est emporté par les courants atmosphériques; il ne paraît pas avoir d'autre vitesse propre que la leur et sa direction l'éloigne vers quelque point du quadrant Sud-Est.

A considérer le problème sous cet angle un peu simpliste, on pourrait se représenter le cyclone comme progressivement appelé vers le Sud. La trajectoire alors ne serait que l'effet des différences de vitesse entre la surface de la terre, plus rapide à l'Équateur, plus lente au fur et à mesure que la latitude augmente, et les couches d'air au niveau où l'ouragan entretient son énergie. Nous prions le lecteur de ne voir là qu'une pure image, aidant à se rendre compte des faits observés, et non une expression scientifique. Si d'ailleurs cette approximation semble grossière, on voudra bien l'imputer au seul transcripteur et non au Père Colin.

Dans sa branche descendante vers le Sud-Est la vitesse de translation du cyclone s'accroît généralement, comme aussi le diamètre embrassé, et souvent le centre s'affaiblit. Le Père Colin confirme ceci en citant les cyclones malgaches des 14 au 24 février 1897, 10-12 décembre 1902, 16-24 mars 1903, 17-23 mars 1905, mais sans chiffrer cette vitesse horaire pour chaque cas. Elle serait de l'ordre de 20 à 33 kilomètres à l'heure.

Si nous cherchons à éclairer ce qui vient d'être dit des trajectoires en recourant aux lumières de la météorologie dynamique, lumières encore bien faibles à Madagascar, nous croyons que c'est dans la position des centres d'action de l'atmosphère qu'il faut voir les véritables causes des variations des trajectoires.

L'inspection des mouvements généraux a fourni un type de déplacement; si sa forme est moins sujette à de grandes altérations pour les cyclones

malgaches, il n'en reste pas moins vrai que chaque tempête a sa trajectoire individuelle, qui s'écarte peu ou prou du modèle. Nous ne connaissons pas d'exemple de rebroussement certain ou de boucle [1]; par contre plus d'un cas a été observé où l'ouragan disparaissait avant d'avoir fini sa première branche de parabole; plus nombreux encore les cyclones dont nous ne connaissons que la seconde partie, et ceux-là nous viennent tous du canal de Mozambique, traversant l'île d'Ouest en Est. Il n'est pas impossible que le météore ait voyagé, faible, inaperçu au Nord de Diégo, ou qu'il soit venu des Seychelles à Mozambique en gardant un minime développement. Nous ne serions pas loin d'admettre que dans ce cas le centre d'action, à base thermique, signalé au chapitre précédent entre Majunga et les Comores ait permis au voyageur de se creuser, de montrer ensuite une force appréciable. Plus d'une tempête est venue s'épuiser, mourir dans l'aridité de la région de Tulear.

Surtout l'anticyclone qui, émigré de Madagascar au retour du soleil occupe l'océan entre le Sud de l'île et l'Australie, serait une barrière qui règle la circulation des tempêtes.

Ces considérations vérifiées dans des pays où la science possède plus de moyens d'action, doivent avoir leur poids dans l'océan Indien. Mais des années s'écouleront avant que nous ayons sérieusement progressé dans l'étude de ces réactions réciproques.

D'Amérique, de Chine, on a signalé maintes fois, combien le mur de l'anticyclone était actif dans son inertie apparente. Telle déviation, telle boucle complète d'un ouragan des Antilles lui sont dues (consulter notamment sur ce sujet le Père Sarasola S. J. *Los Huracanes de las Antillas*).

L'anticyclone est important, mais il n'est pas fixe. Nous n'avons pu en tracer que quelques isobares; ces lignes elles-mêmes provenaient de moyennes mensuelles. C'était donc un anticyclone moyen, c'est-à-dire un centre d'action type, quelque chose qui n'a pas d'existence « hic et nunc »; la trajectoire d'un cyclone réel, agissant sous nos yeux, c'est un anticyclone actuel, celui d'aujourd'hui et non d'hier ou d'il y a un mois qu'il faut connaître.

[1] Un rebroussement a été observé lors du cyclone du 3 mars 1927

Là et non dans les statistiques dont nous nous contentons faute de mieux est la voie du progrès de demain.

§ 4. QUELQUES RÈGLES PRATIQUES

Durant le déroulement de la tempête, tout observateur attentif, surtout s'il est muni de bons instruments et s'il sait maîtriser ses émotions trouve une occasion favorable pour étudier de près de puissants phénomènes naturels; aucune spéculation en chambre ne remplace l'expérience personnelle; se méfiant des idées *a priori*, notre homme aura soin de noter toute circonstance accidentelle lui parût-elle purement fortuite; les conséquences d'un minime détail pourront plus tard se révéler fécondes si l'on parvient à trouver pour le petit fait dont il est issu une relation rationnelle avec la marche de l'ouragan. On sait comment la méthode expérimentale permet sous la variété des effets, de reconnaître des lois physiques. Buys-Ballot ne procéda pas autrement pour découvrir le lien entre la direction du vent et le relèvement du minimum, qui constitue la loi des tempêtes.

1° CHERCHER OU SE TROUVE LE CENTRE DU CYCLONE. — Cette loi de Buys-Ballot a plus d'un énoncé. Le Père Colin choisit celui-ci : le vent souffle des régions où le baromètre est haut vers celles où se produit une baisse. La direction du vent peut donc nous servir de guide pour découvrir celle où gît le centre.

On remarque que l'observateur peut occuper des positions fort différentes par rapport au cyclone et à la route qu'il suit.

D'une façon très générale on peut tirer, pour nos latitudes, cette conséquence pratique : faites face au vent; le centre est quelque part à votre gauche. Pour préciser davantage il faut distinguer plusieurs cas.

a) *Station voisine du centre, que le cyclone se rapproche ou déjà s'éloigne.* — On peut légitimement considérer les isobares comme circulaires et le vent sera tangent aux isobares. Pour avoir la direction du centre on dira : face au vent; étendez le bras gauche. Son orientation vous montre le centre.

Bien entendu ceci suppose qu'il ne se trouve, entre l'observateur et le centre, aucun obstacle assez haut pour dévier le vent.

La règle s'applique strictement en mer; nous avons vérifié qu'elle conserve sa valeur sur les emplacements bien dégagés des hauts plateaux. Si l'on possède à cet instant plusieurs indications provenant de stations assez différentes, une intersection de droites donnera la région où se trouve le centre à cette heure-là. Mais pour utiliser après coup la règle, en se servant par exemple des postes d'un réseau, il faut bien connaître la situation topographique de ces postes. A Madagascar, Fort-Dauphin, abrité d'un côté par la montagne ne donne d'indications valables que dans un secteur restreint; on en peut dire autant d'Ankazobé; les girouettes d'un lieu comme Ihosy au fond d'une cuvette ne servent dans aucun cas; de même celles de Fianarantsoa et d'Antsirabé, tant que des façades de bâtiments domineront l'instrument.

b) *Stations situées entre* 300 *et* 500 *kilomètres d'un cyclone type.* — Le vent n'est plus tangent aux isobares, mais les coupe sous un angle de 30 à 40°; c'est la valeur moyenne de la convergence observée. On modifie ainsi la règle empirique : face au vent étendez fortement le bras gauche en arrière. La tempête est là à 120 ou 130° à gauche de l'observateur. On sent bien qu'il n'y a ici qu'un procédé commode, sans prétention à la rigueur absolue. Les modernes météorologistes, plus favorisés que leurs devanciers, ont eu sous les yeux des cartes synoptiques qui fournissent de vraies coupes horizontales, où se lit l'anatomie interne du météore. Ils savent qu'aucune symétrie réelle ne s'y constate. Le foyer d'appel plus intense n'est pas au niveau du sol, où les frottements retardent la marche et peuvent déformer le contour; le centre instantané de rotation ne s'identifie pas avec le centre de figure. Soit un observateur placé au centre d'une telle section et marchant avec le cyclone, la gauche de l'observateur est constamment tournée vers la partie concave de la trajectoire dans l'hémisphère Sud. Là gît le demi-cercle dangereux.

En particulier le transcripteur est d'accord avec les observations de M. Clinè publiées dans la *Monthly Weather Review* de Washington pour

placer les vents les plus violents dans ce secteur et juste en arrière du centre. Dans notre hypothèse sur l'orientation de l'observateur ce serait le quartier gauche arrière du cyclone.

Les stations dans ce quartier n'ont plus des vents convergents : la direction du vent y varie peu, alors même que sa violence s'abat; le vent est sensiblement parallèle à la trajectoire, il pousse le cyclone.

Cette importante réserve formulée pour libérer sa conscience de marin, le transcripteur peut poursuivre avec le Père Colin.

La direction des nuages inférieurs, fracto cumulus ou « scuds », stratus, surtout nimbus — n'oublions pas qu'il pleut, et qu'on ne voit guère autre chose, — peuvent mieux encore que le vent de surface, aider à trouver la direction du centre. Si le cyclone se rapproche de nous, le centre est sur la perpendiculaire (à gauche) à la direction d'où viennent les nuages; si le cyclone s'éloigne (le Père Colin écrit : sur la deuxième partie de sa trajectoire, mais ne semble pas ici attacher à cette expression son sens habituel) donc si le cyclone s'éloigne, les nuages bas font 120 à 130° avec la direction du centre. D'ailleurs voici le tableau dressé par le Père Colin pour l'usage de l'observatoire.

TABLEAU 8 *bis*. — **Direction du centre d'après le vent et les nuages bas.**

DIRECTION DU VENT	DIRECTION DES NUAGES BAS	DIRECTION DU CENTRE
	I. — *Cyclone se rapprochant.*	
Ouest-Sud-Ouest.	Sud-Ouest.	Sud-Est.
Sud-Ouest.	Sud-Sud-Ouest.	Est-Sud-Est.
Sud-Sud-Ouest.	Sud.	Est.
Sud.	Sud-Sud-Est.	Est-Nord-Est.
Sud-Sud-Est.	Sud-Est.	Nord-Est.
Sud-Est.	Est-Sud-Est.	Nord-Nord-Est.
Est-Sud-Est.	Est.	Nord.
Est.	Est-Nord-Est.	Nord-Nord-Ouest.
Est-Nord-Est.	Nord-Est.	Nord-Ouest.
Nord-Est.	Nord-Nord-Est.	Ouest-Nord-Ouest.
	II. — *Cyclone s'éloignant.*	
Nord-Nord-Est.	Nord-Est.	Ouest.
Nord.	Nord-Nord-Est.	Ouest-Sud-Ouest.
Nord-Nord-Ouest.	Nord.	Sud-Ouest.
Nord-Ouest.	Nord-Nord-Ouest.	Sud-Sud-Ouest.
Ouest-Nord-Ouest.	Nord-Ouest.	Sud.
Ouest.	Ouest-Nord-Ouest.	Sud-Sud-Est.

Et voici le commentaire inscrit en marge de ce tableau, dressé pour une station continentale, mais d'altitude élevée, sur un plateau bien dégagé.

Pendant la première partie de la trajectoire (cyclone se rapprochant mais se trouvant à plus de 300 kilomètres), la direction du vent fait un angle de 30 à 40° avec les isobares et la direction des nimbus est alors tangente aux isobares.

Pendant la deuxième partie de la trajectoire, (cyclone s'éloignant entre 300 et 500 kilomètres), la direction du vent est perpendiculaire aux isobares lorsque le cyclone occupe le Sud-Est de Madagascar. En d'autres termes le vent Nord-Ouest souffle alors vers le foyer de la dépression comme pour en combler le vide. Dans ce cas les nimbus font un angle de 67 à 70° avec l'isobare.

C'est heureusement quand le cyclone est passé, qu'il s'éloigne donc, qu'il a cessé d'être dangereux pour l'observateur, c'est alors que la convergence est moins précise, moins utile à consulter.

Il faut retenir ce détail si l'on veut tenter après coup des reconstitutions.

c) *Station éloignée de* 700 à 800 *kilomètres.* — On ne peut être assuré que l'observateur se trouve encore dans le corps du cyclone; tous les météores n'allongent pas jusque-là une zone d'action nettement perceptible. La règle devient incertaine.

A défaut d'indication on se basera provisoirement sur la deuxième condition, sans y ajouter une foi absolue.

Si le cyclone s'éloigne, et surtout s'il exécute la deuxième branche de sa trajectoire dans les régions malgaches, le vent se dirigera fréquemment vers le centre.

2° Houle d'ouragan et raz de marée. — Nous n'insistons pas sur ces détails importants, et bien connus des marins. Les Pères Froc et Algué ont parfaitement traité la question.

La houle venant du centre de la tempête rayonne de tous côtés à partir de ce centre, et voyage plus rapidement que lui.

C'est donc un excellent signe précurseur, lorsque la houle est nette,

que sa direction diffère de celle du vent, qu'elle est anormale pour la région. On l'observe pour peu que l'on y prête l'attention que mérite cet indice, plusieurs heures avant que le baromètre commence à baisser. Elle est un messager rapide qui devance le corps du météore. Nous pourrions citer des cas où une houle tantôt anormale comme direction tantôt de force croissante, observée à Diégo, Majunga, Dzaoudzi ou Tamatave, a été pour l'observatoire de Tananarive le premier avertissement de ce qui se préparait au large.

Sur la côte orientale de Madagascar, et particulièrement de Tamatave à Mananjary, la houle de cyclone ne tarde pas à produire cette sorte de ressac violent, connu ici sous le nom de raz de marée, et qui suffit pour interdire les mouvements de batelage.

Tout raz de marée n'est pas l'indice d'un cyclone rapproché : il est des cas où la tempête est plus près des Mascareignes que de Madagascar, et où cette agitation de la mer gêne cependant les transbordements de marchandises sur nos rades; mais il n'est pas de cyclone sans raz de marée, c'en est assez pour légitimer, lorsqu'on l'observe sur la côte, un télégramme immédiat à l'observatoire.

3° Relation entre la variation du baromètre et la distance du centre. — Dans le corps de l'ouragan la pression barométrique diminue de la périphérie au centre. La dissymétrie qui existe entre les divers secteurs du tourbillon, la diversité des gradients d'une tempête à l'autre, rendent illusoires tous les barèmes de proportionnalité destinés à conclure, de l'allure de la courbe de baisse, la distance à laquelle se trouve le centre.

Le Père Algué a remarquablement étudié les renseignements qu'on peut déduire des irrégularités de la marée barométrique diurne. Nous n'avons rien à y ajouter. Tant que le cyclone est éloigné, les altérations de la marée sont faibles; lorsque les maxima et minima s'atténuent, le danger s'approche; il est aux portes si la marée est totalement masquée.

Les variations du baromètre étant faibles à Madagascar entre une journée et la suivante, si le marin observe que la hauteur de son baromètre, d'abord normale ou voisine de la normale, diminue au

cours de la journée de 3 ou 4 millimètres, le moment est venu d'ouvrir l'œil.

4° Passage du centre sur la station. — Lorsque le baromètre continue de baisser et que le vent souffle violemment et invariablement de la même direction, le centre de l'ouragan passera probablement sur la station. Dans ce cas il est essentiel de prendre les précautions de sûreté personnelle; par exemple fermer, assujettir portes, fenêtres, toits, etc., afin de donner le moins de prise possible au vent. Dans les habitations légères de la côte, il pourra être prudent d'enfermer dans les malles et caisses métalliques, les objets précieux qui peuvent être détériorés par la pluie ou des provisions.

Après une accalmie plus ou moins longue, le baromètre remontera; les rafales reprendront avec une nouvelle énergie; elles pourront même à ce moment souffler plus brutalement qu'avant le passage du centre; car souvent la remontée du baromètre est plus rapide que n'avait été la descente, et si le vent est proportionnel au gradient, c'est en ce temps qu'il atteindra son maximum; puis les bourrasques diminuent, la brise s'apaise, le temps s'éclaircit.

5° Fréquence des cyclones a Madagascar[1]. — Le Père Colin établit la statistique suivante pour les années 1888 à 1917.

Novembre.	Décembre.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Autres mois.	Total.
2	7	15	19	12	4	0	59

De 1918 à 1926 il faut ajouter :

0	2	5	4	0	2	0	13

d'où le total de 1888 à 1926 :

2	9	20	23	12	6	0	72

Il y a donc une vraie saison, de décembre à fin avril, avec maximum très net en janvier-février; pour une année le maximum serait 5, la moyenne 2, le minimum 0.

[1] Pour plus amples détails sur la fréquence des cyclones, on consultera avec fruit la revue. *Matériaux pour l'étude des calamités*, n° 17, livraison d'avril-juin 1928, p. 8-9 (Genève, Société de Géographie).

§ 5. HAUTEUR DU CYCLONE

Il est peu de questions où les opinions soient plus divisées que celles de la hauteur du cyclone. Tant que les moyens de mesure directe font défaut, il reste une part subjective dans les appréciations de l'altitude où l'effet de la tempête cesse de se faire sentir. Pour les dépressions des régions tempérées, où des sondages ont traversé les couches en mouvement, on sait que la troposphère entière est intéressée; nous manquons de sondages à travers les cyclones tropicaux. Sur la foi d'estimations faites à vue par Redfield au milieu du siècle dernier, on a cru longtemps que le cyclone ne dépassait pas 2,000 mètres; cependant l'observation qui guidait Redfield est fort discutable à la fois dans la hauteur, appréciée à simple vue d'œil, de la couche nuageuse divergente, et autant sinon plus dans la conclusion qu'on en tire.

De même la généralisation qu'on veut faire des belles études d'Elliot sur les tourbillons du golfe du Bengale, manque de rigueur scientifique. La répugnance de ces ouragans à franchir certaines chaînes de montagnes peut avoir des causes exclusivement locales, où la hauteur des sommets ne jouerait qu'un rôle secondaire.

Nous avons plus d'une indication pour justifier une opinion plus large. Si l'on veut un exemple de l'embarras des statisticiens d'Europe à débrouiller la vérité dans l'incohérence d'exposés contradictoires, on pourra se reporter à la page 232 du *Geophysical Memoir*, n° 19, *Hurricanes and tropical revolving storms* du *Meteorological Office* de Londres. Pour n'avoir pas à faire un examen critique des faits observés, on s'est vu réduit à d'étranges faiblesses.

Dallas a constaté que des typhons issus du Golfe de Bengale se retrouvent sur le Golfe Persique, après avoir survolé la chaîne des Ghâts, où les seuils atteignent 1,000 mètres.

Le Père Vinès et le Père Algué doivent en grande partie le succès de leurs prévisions et de leurs avertissements précoces à l'observation suivie des cirrus qui convergent vers le centre, sur l'avant du cyclone. C'est donc que l'influence du météore se fait encore sentir à 9,000 mètres

au moins. Voici tout ce qu'on trouve à répondre à ce fait « la plus probable explication est que les vrais nuages cirrus se tiennent bien au-dessus du tourbillon de la tempête, et que leur mouvement indique seulement celui du courant général qui entraîne le tourbillon. Il est clair qu'aucune information de valeur ne pourra être donnée sur ce point important jusqu'à ce que des mesures exactes de hauteur des nuages aient été faites dans toutes les régions des tropiques où se produisent ces tempêtes ». Cette phrase écrite par Mrs. Newnham en 1920 reproduit presque mot pour mot un passage ancien d'Hildebrandsson dans *Les bases de la météorologie dynamique.* Mais lorsque Hildebrandsson faisait paraître par fascicules séparés, une compilation immense de toute la documentation connue, le savant suédois était parfaitement excusable si son texte, forcément décousu, présentait les renseignements acquis à la date de la composition laborieuse; un problème comme celui-ci n'y est pas traité d'un seul bloc. En particulier, parmi les plus récents chapitres du livre d'Hildebrandsson et Teisserenc de Bort, celui surtout qui est consacré à l'« Année Internationale des Nuages » (1896) fait disparaître la réserve prudemment inscrite par les auteurs.

C'est qu'en effet un fait nouveau est intervenu. L'observatoire de Manille, pour participer aux recherches internationales proposées, a fait l'acquisition de deux groupes de photothéodolites, et les mesures de hauteur des cirrus de cyclones ont été effectuées par photogrammétrie, aux deux extrémités d'une longue base. Elles ont donc toute la rigueur désirable, leur valeur est complètement admise par le comité compétent. Reparler après cela des mesures inexistantes ou de faux-cirrus, pourrait laisser soupçonner que l'on n'a pas lu en entier les ouvrages classiques, pourtant cités dans la bibliographie du sujet.

Nous n'écrivons pas une compilation, et n'avons pas à concilier entre eux des météorologistes de tout pays. Il est juste d'ailleurs de rendre au *Geophysical Memoir*, n° 19 de Mrs. Newnham et à la splendide envolée de l'introduction de Sir Napier Shaw, l'hommage qui leur est dû. S'il existe à nos yeux quelques petits défauts dans une œuvre où la tâche est particulièrement ingrate, ce mémoire est d'une incontestable valeur

pratique, et il aura sa place aussi bien dans la chambre de navigation de tous les navires du monde, que sur les rayons des bibliothèques de météorologie et de physique du globe.

Nous écrivons ici seulement ce que nos yeux ont vu, sans autre prétention que celle du témoin qui dépose.

Au sujet de la hauteur des cyclones nous livrons simplement ces deux faits constamment observés, aux méditations de nos confrères.

1° Nous nous abstenons à dessein de parler des cirrus. Ils sont beaucoup moins réguliers et beaucoup moins fréquents dans le ciel de Tananarive que dans celui de Maurice. Si le contre-alizé existe, il ne laisse pas soupçonner sa présence au-dessus du plateau central de Madagascar. Par contre, au moment des cyclones, soit sur la côte, soit sur la montagne, les halos solaires et lunaires sont à peu près habituels. On les constate surtout un ou deux jours avant le cyclone lorsque la compression dite « anneau de Galton », a éclairci l'atmosphère. On les voit encore pendant que le cyclone circule sur l'île ou autour d'elle, lorsque des éclaircies dans les couches inférieures nous découvrent ce qui se passe au-dessus. Or il est admis communément que le halo de 22° ne se forme que par le jeu de la lumière sur les fines aiguilles de glaces des nuages supérieurs. Nous le trouvons ici dans ce voile de cirro-stratus dont l'arrivée est donnée par le plus grand nombre des observateurs tropicaux comme un indice de perturbation.

Sans théodolite nous pouvons donc affirmer que, dans le cortège du cyclone, il y a des nuages supérieurs, atteignant au moins l'altitude des cirro-stratus.

Le halo est encore visible dans d'autres circonstances, en particulier lors de certaines perturbations de saison sèche qui n'ont rien de la tempête étudiée dans ce chapitre. Nous ne l'invoquons donc pas comme un phénomène caractérisant les seuls cyclones, mais seulement pour établir qu'à nos yeux le cyclone de Madagascar agit encore sur les couches d'air du niveau des cirro-stratus.

2° Il suffira d'avoir jeté un œil même distrait sur les trajectoires représentées dans ce livre, ou déjà connues par d'autres publications pour

remarquer que les cyclones pénètrent largement à l'intérieur de Madagascar. Voyez les types I, II et III du Père Colin, qui sont les plus fréquents ici. Tous trois, pour rejoindre l'Océan Indien, ont à traverser le Sud de l'île. Madagascar est remarquablement placé pour vérifier la réaction que l'altitude d'une longue île montagneuse produit sur les ouragans.

Si quelques-uns longent la côte orientale sans pénétrer dans les terres, si d'autres contournent au Nord la péninsule élevée de Diégo-Suarez, aucun, sur son chemin de retour, ne s'infléchit pour éviter la rencontre avec la côte Sud, aucun ne va opérer son passage au delà du Cap Sainte-Marie, région de moindre résistance s'il en fût. Et pourtant ces météores, souvent affaiblis après le recourbement de la trajectoire, plus rarement renforcés dans le canal de Mozambique, ont à franchir une barrière transversale élevée.

Si l'on superpose ces tracés de trajectoires à une carte hypsométrique de Madagascar, par exemple la carte au 1 /3,500,000^{e} du Service Géographique, on se rend compte que deux chemins principaux sont suivis. Le plus septentrional, très fréquenté, atteint l'Océan Indien un peu au Sud de Farafangana, par la vallée de la Mananara. Le tourbillon évite alors de traverser le massif d'Andringitra, qui renferme le deuxième en importance des points culminants de l'île. Mais pour arriver à la vallée de la Mananara sur le versant oriental, il faut de toute nécessité franchir une ligne de crête comprise entre 800 et 1,200 mètres, avec quelques pointes qui dépassent 1,200.

Le deuxième point d'arrivée, plus méridional est proche de Fort-Dauphin et légèrement au Nord de ce port. Pour l'atteindre il faut encore escalader un millier de mètres, et peut-être plus.

Nous ne pouvons, dans l'état actuel de nos données. détailler la manière dont les masses atmosphériques se divisent. Mais le fait est là. Le corps du cyclone s'affaiblit, mais il passe. Fort-Dauphin est abrité par le cirque de hauteurs de son hinterland, mais son baromètre enregistre la baisse. Et sur les côtes les toitures avariées, la crue des rivières, les ponts emportés, les routes défoncées attestent que le météore n'est pas éteint.

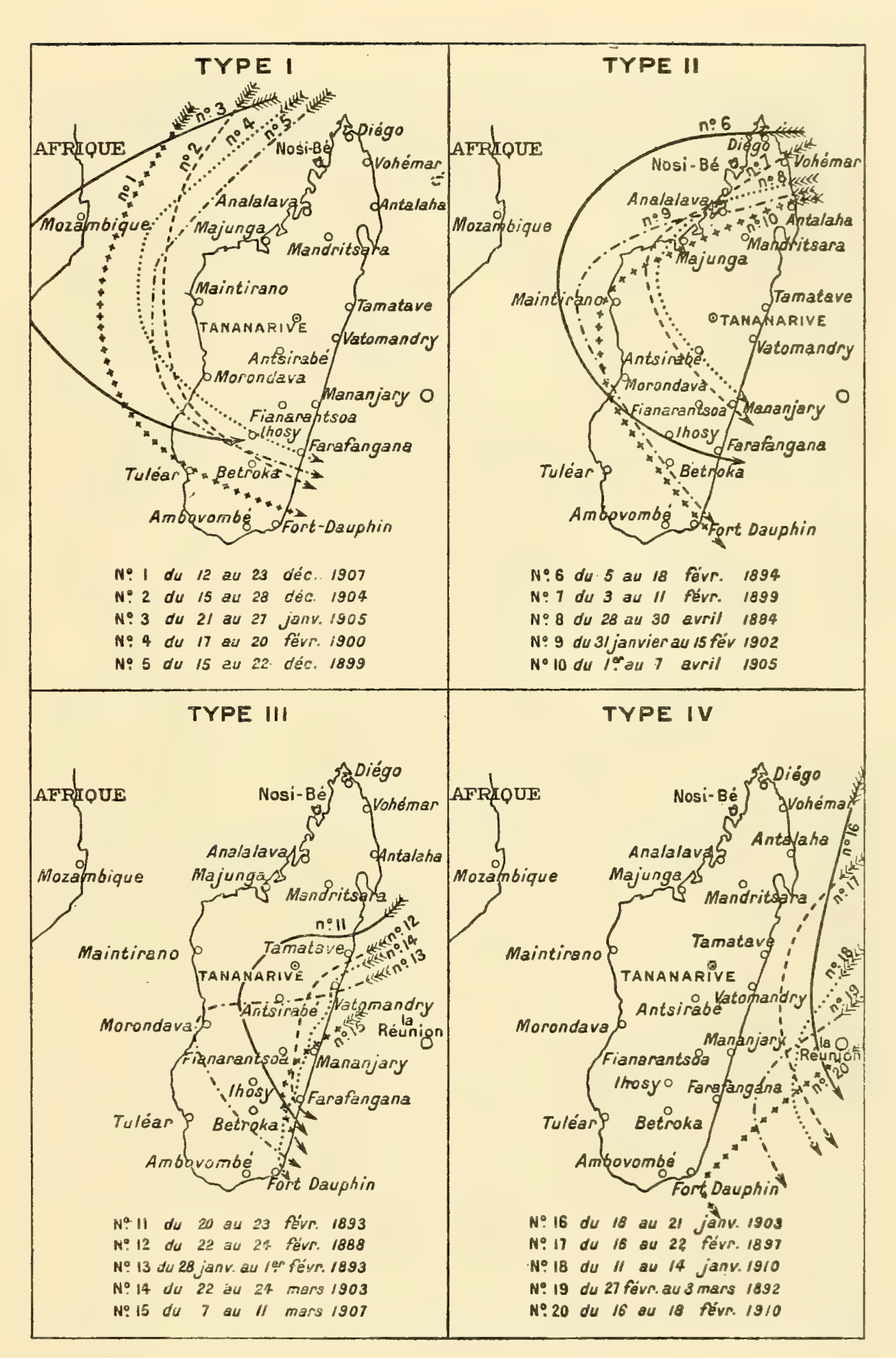


Fig. 15. — Types de trajectoires des cyclones.

Les passages dans le Nord, au voyage d'aller, sont bien curieux aussi. Le type I du Père Colin groupe schématiquement des perturbations qui ont évité les frottements des terres. Mais le type II se rencontre plus fréquemment que l'autre : au moins telle est notre impression. Il y a dans la partie Nord de Madagascar trois routes. La première à partir du Cap d'Ambre n'offre pas de difficulté sérieuse, puisqu'elle passe sur des terres assez basses, au Nord de la montagne d'Ambre. Plus nombreux sont les tourbillons qui abordent Madagascar vers Vohémar. Ceux-là profitent d'un seuil naturel entre le bloc isolé de la montagne d'Ambre et le massif compact du Tsaratanana, dont les 2,880 mètres dominent tous les autres pics malgaches. Le tourbillon doit subir une compression dans sa partie basse, car Nosy-Bé, au sortir de la coupure, a rarement à souffrir des dommages graves. Cela s'est vu cependant. En tout cas le météore n'est pas entravé dans sa marche, et s'il a perdu momentanément quelque chose de sa vigueur, il se reconstitue promptement.

Nous ne voyons guère comment les tempêtes qui entrent dans l'île entre Vohémar et Antalaha, et l'on en connaît un certain nombre, auraient pu éviter la chaîne qui va de Maroantsetra au Tsaratanana. Les altitudes dépassent ici 1,800 mètres. Comment des masses divisées pour franchir des cols au Nord et au Sud se retrouvent-elles ensemble sur le versant occidental? C'est ce que nous ne pouvons encore éclaircir. On comprend que le corps du cyclone ne soit pas revenu d'un bond à la surface de la mer; ce franchissement des montagnes procure aux villes côtières, depuis Nosy-Bé jusqu'au Sud d'Analalava, la protection d'un véritable défilement naturel. Cependant, si la tempête les épargne, on la retrouve plus loin. C'est ainsi que le petit cyclone du 24-25 décembre 1925, montre en passant sur Majunga, le même degré de raisonnable turbulence qu'il avait à Vohémar. Cela ne l'empêche pas de jeter à la côte six goélettes le 28 à Morombé, et si, exemple unique [1], il va sortir très au Sud, c'est après avoir endommagé des maisons à Ampanihy.

Plus mystérieuses sont les conditions qui lancent des cyclones au

[1] Nous avons eu depuis plusieurs exemples de sortie par le Sud.

Sud d'Antalaha. On verra des tracés du Père Colin qui paraîtraient fantaisistes si l'on n'en avait vérifié l'exactitude. Dans la planche qui précède, arrêtons nos regards sur les trajectoires numéros 7, 8, 11, 13. Toutes se sont déroulées sur des plateaux d'une altitude moyenne de 12 à 1,400 mètres. Toutes ont pour cela, franchi des hauteurs de 1,500 à 1,600 mètres. Nous ne concevons pas comment elles l'auraient pu faire si leur centre moteur n'était pas placé plus haut que ces cotes géodésiques.

Après cela, que la montagne ait agi à la façon d'un mur vertical et sectionné la base du tourbillon, que cette base au contraire se soit trouvée refoulée par les pentes, et ait agi à la manière d'un frein sur les molécules qui la surmontaient, que d'autres modes de déformation soient intervenus, ce sont hypothèses loisibles. La seule qui nous paraisse incompatible avec les faits serait l'ascension d'un seul bloc sans altération. Car d'une part, toutes les localités visitées ont pu fournir des renseignements sur la marche des éléments, et l'allure n'avait guère changé quant à la forme de la trajectoire et à la rapidité de translation; néanmoins on note d'autre part que la violence est diminuée, que les effets destructeurs sont rares, que dans certains cas il existe des marques d'un affaiblissement progressif. En somme ces cyclones qui gravissent les montagnes s'assagissent, et semblent prendre, au diamètre près, le mode des cyclones des pays tempérés. L'énergie des heurts et des frottements dans ces parcours accidentés suffirait sans doute à cette modification du caractère de la tempête.

On pourrait, de ceci, entrevoir une confirmation dans d'autres ouragans du type III. Nous avons plus spécialement en mémoire, au moment où nous écrivons ces lignes, l'aventure significative du cyclone qui ravagea Vatomandry le 31 janvier 1926 : son parcours en pays betsileo lui fit franchir des montagnes de 1,300 mètres.

La monographie de ce cyclone a été publiée dans le *Bulletin Économique*, partie documentaire, année 1927, n° 1.

L'on a cru devoir s'étendre sur un aspect secondaire du problème des cyclones tropicaux, à cause de la signification que peut prendre le

témoignage d'observateurs malgaches, dans un débat où l'orientation géographique de leur île leur donne un particulier avantage.

§ 6. OBSERVATIONS DU PÈRE COLIN SUR L'EFFET DE POMPE DU BAROMÈTRE

Des oscillations irrégulières et rapides du niveau barométrique se produisent au cours des perturbations atmosphériques. Quoique parfois visibles au cours des fraîches brises de l'anticyclone, elles offrent leur singularité plus accentuée au voisinage d'un centre de tempête cyclonique. Les marins désignent ce phénomène par une expression imagée : le baromètre pompe. Ces fluctuations sont trop brusques, de trop courte durée pour donner sur des barogrammes à feuille hebdomadaire, autre chose qu'un trait de plume épaissi, empâté, avec quelques ressauts çà et là.

Plusieurs météorologistes ayant donné de ces faits des explications confuses, le Père Colin s'est appliqué à leur étude au moyen d'un statoscope Richard. L'appareil qu'il a employé est du type courant, sorte de manomètre à grande sensibilité, où le style est réglé pour un déplacement vertical de 25 millimètres par millimètre de mercure, tandis que le mouvement d'horlogerie fait exécuter au cylindre un tour complet en 52 minutes. Cet appareil s'est montré fort utile dans l'application qui en était tentée à l'effet de pompe, et aussi, comme on le dira plus tard, pour l'analyse des grains, et de toutes sortes de rafales.

Pour un travail vraiment complet, il eût dû être conjugué avec un anémographe donnant la vitesse instantanée du vent, comme le bel instrument de Dines, ou l'anémocinémographe de Richard; le prix élevé de ces appareils n'a pas permis à l'observatoire de Tananarive de les acquérir[1].

Tout ce qui va suivre est une transcription littérale du texte du Père Colin.

Toute ligne presque horizontale ou peu accidentée (sur le statogramme) présage un calme momentané dans les éléments; toute baisse ou hausse

[1] Pendant l'impression de cet ouvrage un anémocinémographe de Richard a été installé à l'Observatoire.

TANANARIVE 3 Mars 1927

16 H. 40m — 17 H. 00m

Échelle : 1mm de hauteur

688,8

Fig. 16. — Effet de pompe du baromètre pendant un cyclone. Fragment du diagramme du statoscope Richard, le 3 mars 1927.

assez brusque est l'indice d'une raréfaction ou d'une compression. Ce double effet perçu et fidèlement enregistré par l'instrument, échappe à nos sens quand la perturbation est éloignée de la station, mais se manifeste avec une évidence palpable lorsqu'elle l'avoisine, même à la distance de 150 kilomètres (cas de l'ouragan du 29 janvier 1893). En cette circonstance non seulement le baromètre *pompe*, selon la pittoresque expression des marins, mais les matériaux élastiques des habitations, fenêtres, persiennes, portes, au moment de la rafale subissent une violente poussée de l'extérieur vers l'intérieur, tandis qu'à la période d'air raréfié, une poussée inverse s'opère de l'intérieur à l'extérieur. Parmi les nombreux diagrammes obtenus en temps de cyclone, nous avons choisi pour les présenter au lecteur, les plus mouvementés, à savoir ceux qui comprennent à la fois et les grandes oscillations de l'atmosphère, et aussi les transformations qu'elle éprouve sous l'action d'une cause étrangère, durant les trois phases sucessives de tout ouragan, à la première partie de sa trajectoire, à la période de son inflexion, et à sa dernière branche.

Quiconque analyse les tracés du statoscope se pose naturellement deux questions : 1º Quel régime succède à l'accalmie momentanée? L'atmosphère subit-elle alors un état de compression, ou bien de raréfaction? 2º Quelle est la cause de cette onde aérienne qui se propage dans l'espace et se divise, comme en acoustique, en une double partie, l'une condensée, l'autre dilatée?

(Pour la genèse de certaines idées, le transcripteur croit bon de noter ici qu'au temps où il écrivait ces notes, le Père Colin avait sous les yeux le rapport de M. Vallot sur des expériences analogues à l'observatoire du Mont-Blanc, et aussi le commentaire que donnait des oscillations du baromètre M. Bertho, alors capitaine de port à la Réunion, dans son *Étude sur les cyclones*; peut-être aussi quelqu'une des belles recherches de Durand Gréville.)

1. — L'examen de nombreux diagrammes montre que tantôt une hausse, avec maximum au moment où l'on entend au dehors le vent souffler avec le plus de rage est suivie d'une baisse; tantôt a lieu l'inverse :

un minimum se produit, et la tempête lui succède peu de temps après. Le premier cas semblerait fréquent pendant la période du maximum barométrique diurne; le second cas pendant celle du minimum diurne.

La rafale précédée d'un air raréfié s'expliquerait, suivant notre opinion, par une attraction qu'exerce l'accumulation des couches denses du tourbillon sur l'air intérieur, de même que la région précédant une grande vague liquide s'avance à sa rencontre et se relève en un plan incliné qui fait corps avec elle.

La raréfaction succédant à la bourrasque reposerait sur un principe différent : toute masse aérienne animée d'une vitesse de 150 kilomètres à l'heure, est suivie d'une zone de vide relatif. Pareil fait se produit dans les corps solides, dans une automotrice électrique par exemple, lancée à cette allure, à l'avant, compression très puissante de l'air, témoins les fragiles obstacles rencontrés dans l'espace, mouches, papillons, insectes, oiseaux écrasés et collés sur la paroi antérieure de la motrice. A l'arrière, zone de la raréfaction; les objets légers disséminés sur la voie, poussière, feuilles, fragments de bois et de papier, petits graviers arrachés au ballast, convergent, voltigent et tournoient. De même les couches d'air se précipitant dans un rapide mouvement de rotation vers la zone centrale sur une immense largeur, une hauteur supérieure à 2 kilomètres, une profondeur de 1,000 à 1,200 mètres, donneraient naissance, en avant à un tourbillon d'air comprimé, en arrière à un tourbillon d'air raréfié.

2. — On admet généralement qu'au voisinage du centre de la tempête les molécules aériennes sont expulsées vers la haute atmosphère. Dans leur mouvement ascensionnel elles ne s'écoulent pas avec une vitesse constante, mais variée et intermittente; cet appel dans les régions inférieures dépend en grande partie du degré de dépression, de température, d'humidité, de chaleur latente, ou de tout autre facteur. Avec une période d'accalmie momentanée, les éléments resteront en repos ainsi que sur toute la périphérie; le statoscope fonctionnant alors inscrit une ligne sensiblement horizontale. Lors d'une recrudescence de tirage, un vide se produit et se propage dans le milieu indéfini de la périphérie; l'air

afflue suivant un mouvement ondulatoire et sous la forme d'un tourbillon. La partie antérieure de cette onde deviendrait ou condensée ou dilatée suivant une force initiale d'impulsion ou d'aspiration, dont la cause, située probablement dans les couches supérieures de l'air, échappe aux investigations de l'observateur, plongé au fond de l'océan atmosphérique, et borné par un horizon étroit.

Notons en passant que ces gigantesques vagues aériennes ont une influence néfaste sur les chronomètres et pendules de précision. Par suite de ces oscillations, les irrégularités de marche deviennent très accentuées mais temporaires heureusement; les valeurs du coefficient barométrique pour une baisse de 1 millimètre atteignent, non point la constante 0^s 012 mais jusqu'à plusieurs secondes d'erreur.

Après avoir analysé les éléments qui constituent le tourbillon et suggéré quelques explications qui nous ont paru assez rationnelles, rendons compte des résultats que contiennent les radiogrammes.

Première branche de la trajectoire. — Le premier tracé, enregistré pendant le cyclone du 3 mars 1914, qui passa à 460 kilomètres au Nord de Tananarive, montre la fréquence des rafales depuis 9 h. 28 jusqu'à 10 h. 18.

Le deuxième diagramme du 6 mars 1915, (dont nous donnerons plus loin les barogrammes soit à Tananarive, soit sur le Tsiafajavona), représente les variations de la pression lorsque le centre du cyclone se trouvait à 300 kilomètres Ouest-Nord-Ouest de Tananarive. L'anémomètre indiquait une vitesse horaire de 50 kilomètres. Dans ces deux tracés, la plume est trop agitée pour pouvoir discerner avec certitude quel genre d'onde prédomine.

Pendant la tempête du 6 février 1918, l'allure de la courbe est moins tourmentée que celle des cyclones précédents; l'ouragan évoluait alors à 260 kilomètres Sud-Est de Tananarive, dans l'Océan Indien.

On remarque des périodes de calme de 3 ou 4 minutes de durée, suivies d'un tourbillon de raréfaction puis de compression.

Toutefois à partir de 16 h. 47 moment où le centre se rapprochait de Madagascar et l'abordait 2 h. 40 plus tard, les lignes horizontales

disparaissent et font place au régime de bourrasques se succédant toutes les minutes environ. L'anémomètre accusait ici une vitesse moyenne de 56 kilomètres à l'heure.

Dans tous ces tracés, la grandeur des crochets est proportionnelle à l'intensité du vent et à la distance du centre; elle représente assez exactement, même à distance, le degré de violence de l'ouragan.

Inflexion de la trajectoire. — Le 8 mars 1907, un cyclone, presque identique à celui du 6 février 1918 (voir carte des trajectoires type III, fig. 15), s'abattit sur Madagascar au même endroit. Le 9, il exécutait son mouvement d'inflexion et se trouvait à 300 kilomètres Sud-Sud-Est de Tananarive. Le météore avait une vitesse presque nulle; l'anémomètre enregistrait à l'observatoire une moyenne horaire de 6 kilomètres.

Même remarque au sujet du cyclone du 7 mars 1914, s'infléchissant à 900 kilomètres Ouest-Sud-Ouest de Tananarive, dans le canal de Mozambique. Les rafales enregistrées sont extrêmement faibles.

Cette diminution, cette neutralisation momentanée du météore se mouvant alors vers le Sud provient de ce que les molécules d'air voisines, sous l'effet de la rotation terrestre, se dirigent d'Ouest à l'Est force perpendiculaire à la première?

Deuxième branche de la trajectoire. — Les courbes du cyclone des 23 et 24 février 1913 présentent une situation digne de remarque. Tant que la zone centrale évolue dans les eaux du canal de Mozambique, elle possède une énergie remarquable par suite de l'humidité ambiante. Quoique distant de 600 kilomètres, le statoscope inscrit des rafales de grande amplitude, de 13 h. 5 à 13 h. 15 puis de 14 h. 31 à 14 h. 37. Il n'en est plus de même le lendemain, alors que l'ouragan a pénétré dans l'intérieur de l'île; à 500 kilomètres Sud-Ouest de Tananarive, par conséquent plus près de nous que la veille, il traverse une région où il pleut rarement. Obligées de suffire à l'entretien de leurs forces, et ne rencontrant autour d'elles qu'un faible degré d'humidité, les couches aériennes diminuent de vitesse dans leur mouvement de rotation.

Le 23 février on remarque de 13 h. 4 à 13 h. 15 des tourbillons de

compression; à partir de 14 h. 4 jusqu'à 16 h. 18 des tourbillons d'air raréfié. Le lendemain 24 ces derniers prédominent encore.

§ 7. DIRECTION GÉNÉRALE DES TRAJECTOIRES

En traversant Madagascar et les mers avoisinantes, les cyclones exécutent une trajectoire assez régulière et semblable aux quatre types de la planche ci-jointe [1]; s'il est donc possible de savoir la position exacte du centre, on pourra sinon l'éviter, du moins en préjuger la marche ultérieure probable, à moins que la dépression ne se comble en route ou n'en rencontre une deuxième. Développons chacun de ces groupes principaux.

Type I. — L'ouragan pénètre d'abord dans le canal de Mozambique au Nord de Diégo; il s'infléchit vers les parallèles 15° à 20°; traverse la région Sud de Morondava, le cap Saint-Vincent, Ihosy, Farafangana puis se dirige vers le Sud-Est dans l'Océan Indien. Ce type se distingue des autres cyclones par sa longue durée; nous constatâmes le 31 janvier 1908 qu'un de ces tourbillons se prolongea sur Madagascar pendant 17 jours consécutifs [2]. D'après les renseignements fournis par le commandant d'un bateau des Messageries Maritimes qui, prudemment, suivait à distance l'arrière d'une tempête de ce genre, ce météore aurait pris naissance dans le voisinage des îles Seychelles. Ce type semblerait spécial au début de la saison pluvieuse; il ne faut pas cependant généraliser l'application de cette remarque, car nous le retrouvons parfois en février et mars.

On pourrait ranger dans cette catégorie certains cyclones dont nous subissons la seule deuxième branche. La première partie de la dépression aboutit probablement sur la côte orientale d'Afrique, de Zanzibar à Mozambique; elle aborde Madagascar entre Tulear et Morondava, traverse le Sud de l'île et rejoint l'Océan Indien vers Fort-Dauphin. Telles seraient les tempêtes ressenties les 21-23 janvier 1907, 3 au 7 mars 1907, 21-27 février 1913, 21-23 janvier 1914 [3].

[1] Voir planche du § 5, page 105.

[2] Ce cyclone appartiendrait plutôt au type II. *(Note du transcripteur.)*

[3] Le transcripteur incline à croire que des dépressions cycloniques peu importantes se forment sur le canal de Mozambique, et traver-

Dans le premier cas à Tananarive, station éloignée de tempête, le vent souffle de l'Est, puis tourne successivement au Nord-Est, Nord, Nord-Ouest et Ouest. Sur la côte occidentale voisine du centre, le vent suit la règle de Buys Ballot.

Dans le deuxième cas lorsque le cyclone venant du canal de Mozambique aborde le littoral Sud-Ouest de Madagascar, le vent souffle à Tananarive du Nord ou du Nord-Ouest, puis passe à l'Ouest.

Type II. — Le type n° 2 a une certaine ressemblance avec le précédent. Il en diffère toutefois par les dimensions plus restreintes de la trajectoire, ensuite par son arrivée dans la région qui s'étend depuis Diégo jusqu'à la baie d'Antongil, c'est-à-dire de 12° à 15° de latitude environ. Dès qu'elle aborde ces parages, la dépression rencontre une zone de hautes montagnes couvertes de forêts dont l'humidité favorise et entretient la raréfaction centrale; elle traverse l'intérieur de l'île, s'infléchit dans le canal de Mozambique, près du Cap Saint-André, du littoral occidental et de Morondava, puis se dirige vers Fort-Dauphin et l'Océan Indien. Sa durée est de 4 à 6 jours; on remarque fréquemment cette marche du cyclone en février.

Durant les ouragans de cette classe, les vents ont, dans nos contrées, la direction Est-Sud-Est et passent successivement par l'Est, le Nord-Est, le Nord, le Nord-Ouest et l'Ouest.

Type III. — Le troisième type de trajectoire se présente vers la fin de la saison pluvieuse; la tempête aborde le littoral de Madagascar entre 18° et 20°; elle exécute son mouvement d'inflexion ou sur la côte orientale, ou dans l'intérieur de Madagascar. Du 20 au 23 février 1893, un cyclone passa au Nord, à l'Ouest, puis au Sud de Tananarive; la vitesse horaire du vent était relativement faible : 29 kilomètres. Les 22-24 mars 1903, l'ouragan qui fondit sur Vatomandry présenta plusieurs propriétés caractéristiques. Le passage du centre de dépression eut une durée exceptionnellement longue, 6 heures, avec cha-

sent le Sud de Madagascar, soit sous l'aspect d'un coup de vent unique, soit par bourrasques successives, au nombre de deux ou trois, et à intervalle moyen de 48 heures. Plusieurs exemples typiques ont été observés de 1924 à 1929.

leur intense, nous écrivait un témoin; particularité qui corrobore la théorie physique. Ensuite, l'ouragan décrivit, tout le long de la côte, depuis Vatomandry jusqu'à Fort-Dauphin, une trajectoire sinueuse. Les mouvements de translation et de rotation éprouvaient-ils une résistance en se heurtant aux arêtes faîtières et aux contreforts du plateau central? Ou bien le tourbillon se dirigeait-il principalement vers celles des régions voisines où la pluie tombait avec la plus grande abondance?

L'explication de cette divagation offre de sérieuses difficultés, d'autant que nous la retrouvons en plein Océan Indien, au cyclone du 24 au 28 novembre 1912, et qu'on signale aussi cette même anomalie dans les typhons des îles Philippines.

En ce troisième cas le vent varie ici du Sud-Sud-Est au Sud. Parfois même Sud-Ouest, suivant que le centre passe à l'Est ou à l'Est-Sud-Est de Tananarive; il se termine à l'Ouest.

Type IV. — Le type n° 4 représente les cyclones qui évoluent soit au Nord, soit à l'Ouest, soit au Sud des îles Mascareignes et s'infléchissent non loin de la côte orientale de Madagascar, ou près de Farafangana et de Fort-Dauphin. On l'observe fréquemment en février, et vers la fin de la saison pluvieuse.

Quoique la trajectoire n'atteigne point le littoral, néanmoins les effets de la dépression sont redoutables à cause du mouvement lent de translation, des effets dévastateurs des rafales, et surtout à cause de l'envahissement des vagues de la mer dans les villes et les villages, le long de la côte orientale.

Suivant que le cyclone décrit une trajectoire parallèle au littoral oriental, ou bien s'approche de Vatomandry ou de Mananjary, le vent souffle ici ou du Sud-Est ou du Sud, passe au Sud-Ouest et enfin Ouest.

En résumé nous trouvons dans ces quatre types une tendance de tout le système à se déplacer de l'Ouest à l'Est, de novembre à avril; de plus la trajectoire s'infléchit du Sud-Ouest au Sud-Est pendant cette époque.

Après avoir reproduit fidèlement l'exposé du Père Colin, le transcripteur se permet d'exprimer ici quelques remarques à ce sujet.

Les essais de classifications des trajectoires de cyclones ou typhons

sont fort nombreux; ils ont l'avantage et l'inconvénient de toutes les recherches de types de temps pour la pression, de toutes les études sur les phénomènes essentiellement dynamiques, groupés suivant les moyennes empiriques de la statistique. En réalité il n'existe ni trajectoire moyenne, ni cyclone type : on ne rencontrera jamais que des ouragans à traits individuels, cependant il était utile de vérifier si certaines formes avaient tendance à prédominer dans une région donnée à une époque fixe de la saison; à voir, en d'autres termes, si l'on pouvait relever les traces d'une évolution progressive dans l'espace et le temps.

Pour Madagascar une telle tendance paraît bien exister, mais à l'état embryonnaire, assez vague, souffrant de nombreuses exceptions. La raison en est dans l'influence qu'exercent certainement sur la direction des météores les centres d'action semi-permanents de haute et basse pression. Ces centres ne sont pas immuablement liés à tel coin de terre et telle date fixe; leur emplacement et leur importance varient dans des limites plus ou moins étendues autour de ces situations moyennes que montrent les isobares mensuelles. On sait bien que le cyclone ne sera pas dévié par l'anticyclone moyen, mais par l'anticyclone actuel. De là les variantes dans les trajectoires.

Les types décrits par le Père Colin peuvent être avantageux pour une station comme l'observatoire de Tananarive, placée à peu près au centre de ces manifestations. Il est constant que les premières rafales de la tempête détruisent les lignes télégraphiques sur la côte. Or l'observatoire doit lancer les avertissements aux régions prochainement menacées. Si donc les éléments initiaux permettent de classer les météores parmi les types connus, il deviendra possible d'en suivre la marche avec le petit nombre de stations encore disponibles, et de s'en faire une idée suffisamment exacte pour les besoins du service des signaux de tempêtes. Aux règles du Père Colin on ne saurait demander davantage. Telles quelles leur efficacité suffit à peu près à nos besoins courants.

En ce qui concerne la seconde variété de courbes classées sous le type I, nous serions tentés d'y voir une classe distincte. L'hypothèse suggérée par le Père Colin, de tempêtes venues du Nord et non signalées

par les postes de la côte orientale d'Afrique, quoique vraisemblable, ne nous paraîtrait pas la seule possible. Nous admettrions volontiers, ou bien qu'un centre descend du Nord-Ouest, à peine perceptible, et se recourbe aux environs de Mozambique, acquérant de la force dans la deuxième branche de sa trajectoire, au contact de la région Majunga-Comores; ou même, plus simplement, qu'il y a formation locale entre Mozambique et le Cap Saint-André. La fréquence relativement grande de ces manifestations, dont nous connaissons au moins sept cas, dans les dernières années, l'existence d'un réseau météorologique sur la côte de l'Afrique portugaise avec transmissions quotidiennes, l'intensité relativement faible de ces tempêtes, qui n'ont jamais été destructives, tout un ensemble d'indices convergents, conduiraient à y voir de petits mouvements cycloniques tropicaux, ressemblant à nos cyclones vrais par la petitesse du diamètre et la lenteur de la translation, tenant des dépressions extratropicales par un gradient plus modéré, et une violence atténuée. On ne voit pas d'autre part pourquoi des formes intermédiaires seraient illogiques, entre les cyclones connus de la région intertropicale, et ceux des régions tempérées. Le nouveau type que nous proposons serait une transition de cette nature. Il est bien exact dans l'ensemble que les tempêtes les plus précoces de la saison, celles de novembre et décembre, appartiennent toutes aux types I et II, c'est-à-dire qu'on en observe la première branche dans le Nord et le Nord-Ouest de Madagascar. Ces mêmes types prédominent en janvier, mais déjà l'on ne peut plus en ce mois exclure les autres formes, car toutes y ont été constatées. Sur la côte orientale au Sud de la baie d'Antongil, les effets destructeurs ne sont guère à craindre avant la fin de janvier. Mais à cette époque, qui est celle du maximum de fréquence des ouragans, tous les types décrits plus haut se retrouvent, et cela jusqu'en fin de saison.

Il est encore un point important que nous nous reprocherions de laisser dans l'ombre. Après Bertho, le Père Colin a fait allusion à la possibilité de fusion de deux cyclones simultanés. Nous ne pouvons signaler aucun fait de ce genre qui nous paraisse hors de conteste. Mais la coexistence de tourbillons simultanés est un fait acquis, sur lequel nous avons

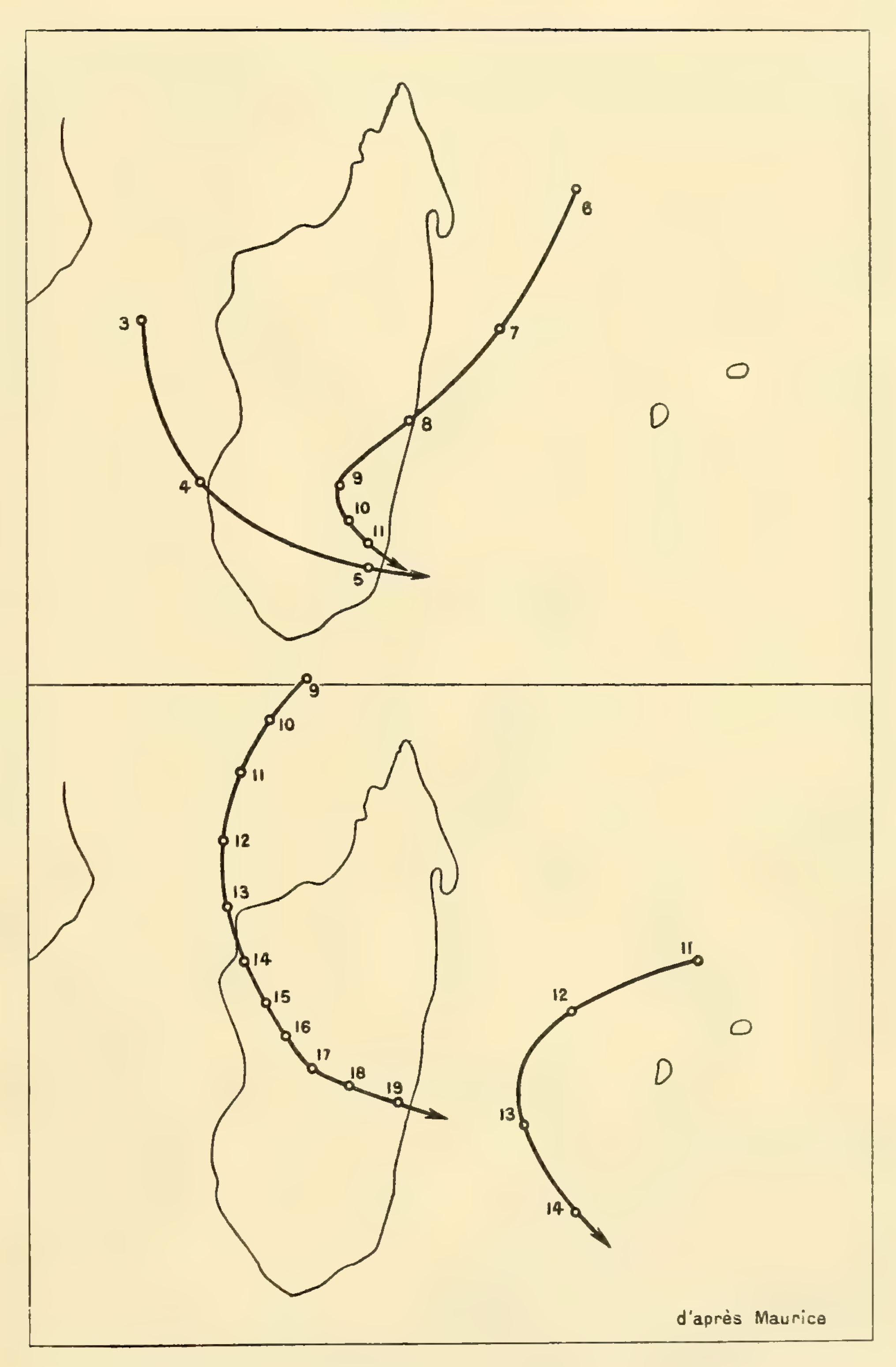


Fig. 17. — Cyclones simultanés. — **1907** : 3-5 mars, 6-11 mars;
1910 : 11-14 janvier, 9-19 janvier.

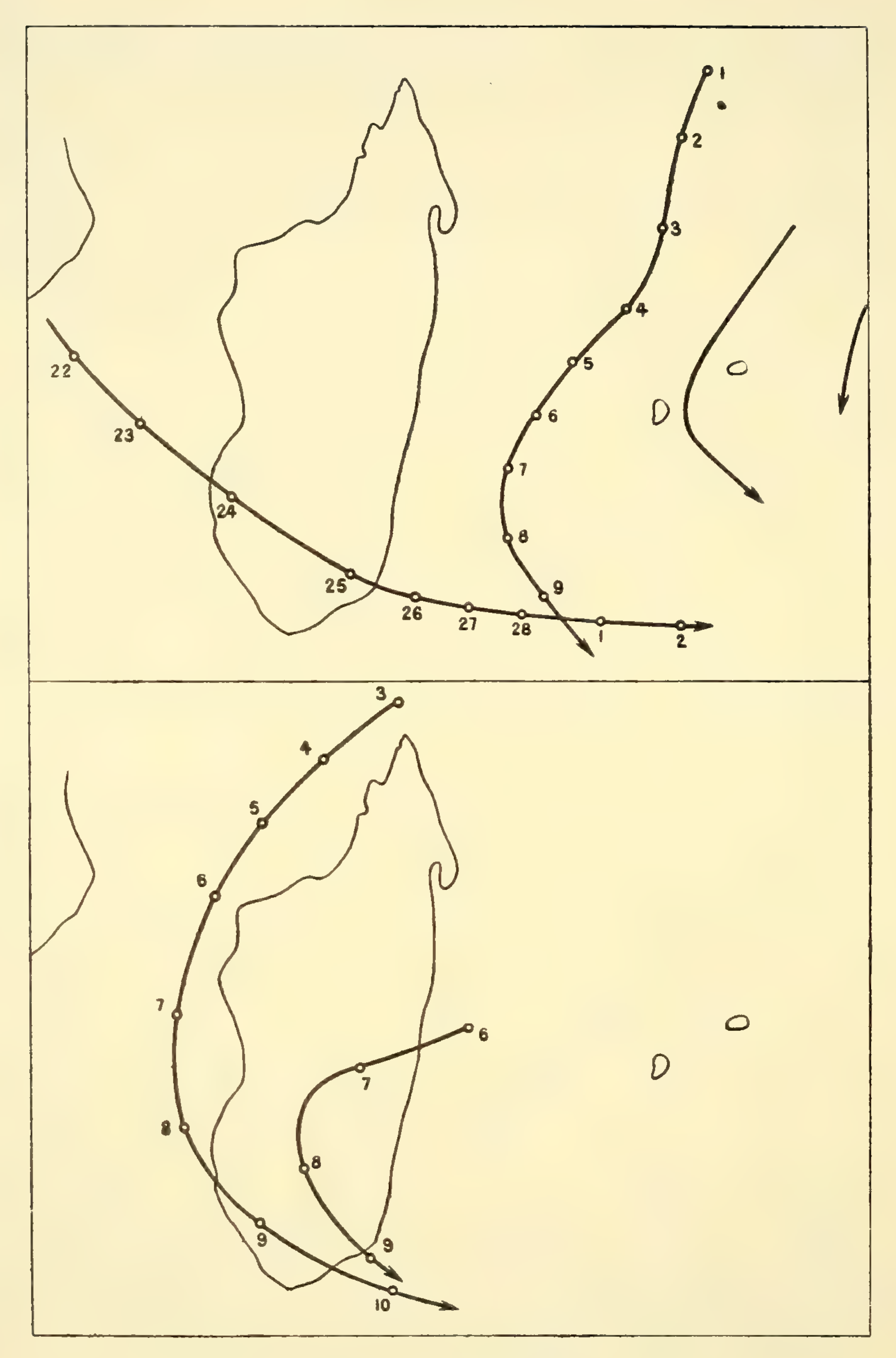


Fig. 18. — Cyclones simultanés. — **1913** : 22 février, 2 mars, 1er-9 mars ;
1918 : 3-10 février, 6-8 février.

attiré l'attention dans notre article du *Bulletin Économique*, 1926-I. On a vu de telles tempêtes suivre, à peu de distance l'une de l'autre, des

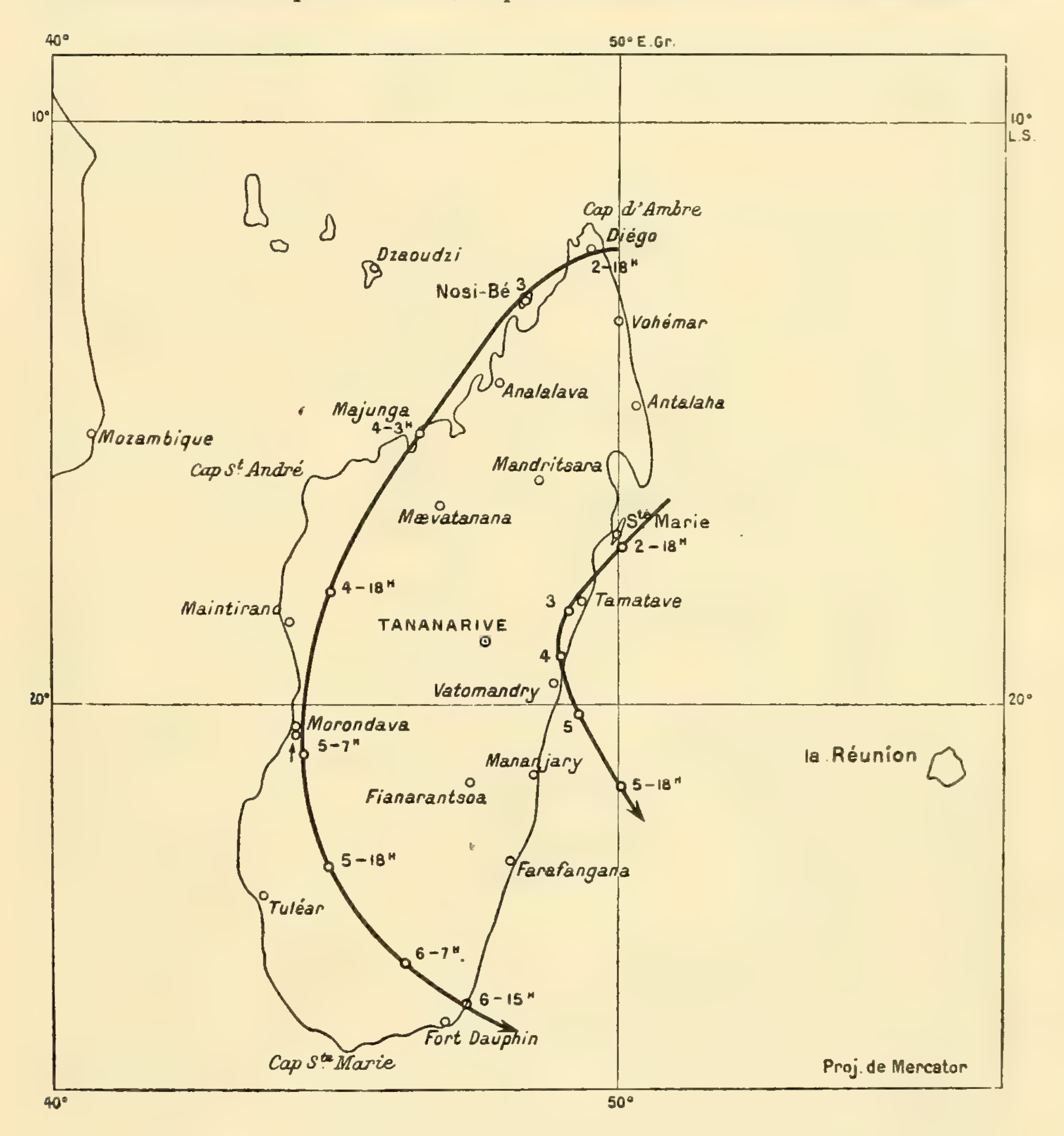


Fig. 19. — Cyclones simultanés : **1925** : 2 au 5 février, 2 au 6 février.

parcours parallèles, décalés de quelques heures au cours des temps. On a vu aussi à Madagascar des ouragans de la côte Est accompagnés d'un cyclone de la région occidentale, sous les deux formes du type I. Le

Père Colin a admis, et nous avons supposé comme lui, qu'il peut y avoir eu au large de la côte septentrionale, segmentation d'une dépression de

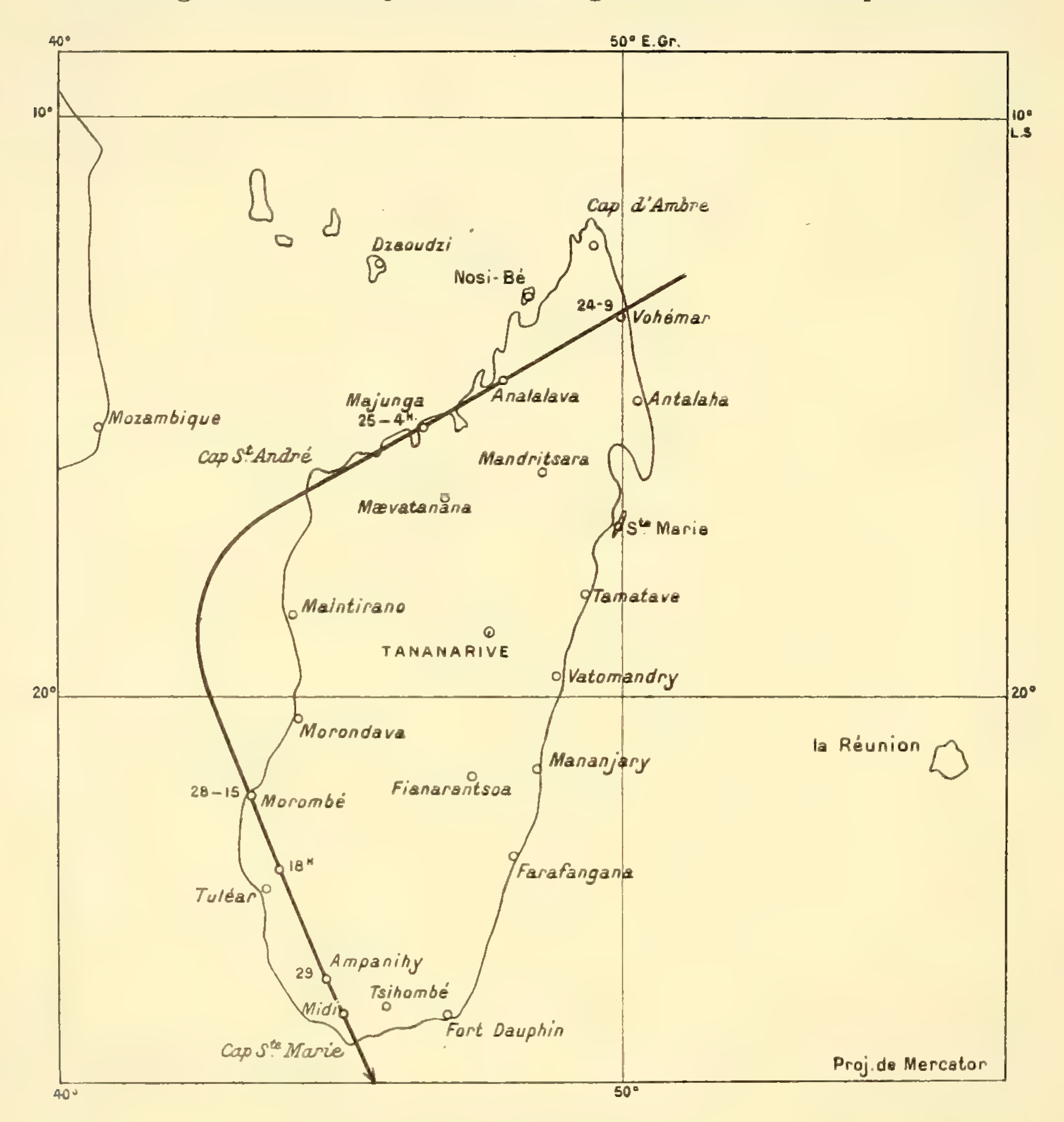


Fig. 20. — **1925** : décembre 24 à 29.

grande étendue issue du voisinage des Seychelles. C'est une hypothèse vraisemblable, mais rien de plus dans l'état actuel de nos informations. Deux dépressions simultanées ou quasi simultanées voyageant suivant

des routes parallèles, l'une plus Est, l'autre plus Ouest, rendraient aussi bien compte des faits. Il est possible aussi et dans certains cas il nous paraît probable, que le passage d'un centre de basse pression le long de la côte orientale crée un foyer d'appel supplémentaire pour le canal de Mozambique, au Sud de la ligne Mozambique-Cap Saint-André; d'où une formation secondaire.

On peut encore, surtout dans ces formations du canal dont nous signalions plus haut l'allure intermédiaire et spéciale, voir une succession de deux à trois noyaux de dépression qui ramènent à l'esprit les phénomènes si bien mis en lumière par l'Office National Météorologique. Enfin il est un détail qui vient souvent aider la prévision : à une certaine distance en avant du centre d'un cyclone, en bordure du corps, il n'est pas rare que l'on puisse observer ces vents divergents dont Guilbert tire un si remarquable parti. Dans ce cas et conformément aux règles que nous devons à cet éminent praticien, le vent divergent, le vent qui semble venir du centre au lieu de marquer l'angle ordinaire de 120° à 130°, est l'indice que le centre se dirigera vers la station où on observe aujourd'hui cette anomalie.

Quant aux sinuosités des trajectoires, nous sommes portés à n'y voir qu'une question de plus ou de moins. Un tracé parabolique n'est qu'une approximation, due souvent au petit nombre de nos informations. Peut-être n'a-t-on jamais observé un cyclone dont l'axe fut exactement vertical : du moins tous les auteurs lui donnent une inclinaison. Tous aussi nous parlent de mouvements de nutation. Les mieux placés pour recevoir des observations précises remarquent des variations d'intensité dans la profondeur de la dépression, et dans les vents qui en résultent. Autant de motifs qui dictent notre appréciation. Un phénomène soumis à tant de causes de fluctuations, sans redire encore les heurts d'une côte accidentée, ne peut avoir la belle ordonnance qu'imagine notre esprit simplificateur. Les courbes impeccablement réglées ne viennent que d'une imperfection de nos moyens ou de nos concepts.

§ 8. DÉSAGRÉGATION DES CYCLONES

Trop éloignés d'ordinaire des contrées originelles des cyclones pour fournir le moindre renseignement sur leur naissance nous pouvons du moins, d'après les observations de quelques ouragans comblés à Madagascar même, analyser les symptômes de leur déclin et de leur terme, préciser aussi les circonstances qui favorisent leur conservation, leur développement, leur formation, vérifier enfin l'exactitude de plusieurs particularités énoncées dans les traités cyclonomiques.

Le 29 janvier 1893, une tempête en voie de comblement fait sentir son action au Nord de Nosy-Vé, près de Tulear. Deux faits caractérisent son passage, un degré d'humidité faible, 48 p. 100 et une température élevée d'environ 40°, avec vent d'Est brûlant, notait un consciencieux observateur. L'anomalie hygrométrique ne doit pas trop surprendre le lecteur, toute cette région Sud-Ouest de Madagascar étant d'une sécheresse remarquable soulignée par la rareté des pluies. La caractéristique thermique n'est point causée par la vitesse de rotation des molécules aériennes à ce moment, puisque le même observateur prenait soin de noter que les vents habituels du Sud-Ouest ont d'ordinaire une intensité bien supérieure à celle du vent de cyclone en question.

Elle provient, croyons-nous, d'une dislocation de la zone centrale qui ne trouve plus à emprunter, dans la basse atmosphère l'humidité, élément nécessaire à sa subsistance. Dès lors le vent disperse les couches d'air chaud précédemment emprisonnées au milieu du tourbillon et les rend entièrement libres.

Signalons encore quatre autres cyclones, 19-21 janvier 1900, 11 décembre 1903, 28 décembre 1904 et 21 janvier 1914, qui se comblent dans ces mêmes parages. Les quatre postes météorologiques voisins de la dépression, Tulear, Morondava, Ihosy et Betroka constatent une importante sécheresse de l'air variant de 40 p. 100 à 69 p. 100.

Ces quelques remarques corroborent partiellement l'assertion de la théorie physique d'après laquelle l'ouragan persiste et se développe sous l'effet de l'humidité et de la condensation de la vapeur d'eau.

Le 21 décembre 1911, une tempête, après avoir traversé Analalava, durant la deuxième partie de la trajectoire, se heurte entre Mandritsara et Mævatanana à un triple obstacle : région montagneuse à traverser, aire de hautes pressions et vague de froid qui occupent le centre et le Sud de Madagascar. La densité de l'air s'accroît, l'inertie et la résistance de ces masses gazeuses et solides produisent sur le tourbillon une rapide réduction d'énergie : la dépression s'éteint.

Le 26 février 1917, une bourrasque présentant les symptômes d'une désagrégation prochaine, aborde au Nord-Est de Madagascar. Dans son parcours à travers la grande île, quatre circonstances typiques y sont rassemblées : 1° contrairement à la loi de Buys Ballot, mais d'accord avec celles de Guilbert, le vent se dirige de tous côtés vers le centre, où il va combler le vide et rétablir l'équilibre; 2° la zone de basses pressions, où le mouvement giratoire agonise, s'agrandit et s'étend démesurément; 3° une onde de froid envahit Madagascar, et réagit sur le météore; ainsi le baromètre, après avoir baissé de 5 millimètres à Antalaha n'indiquera plus que 1 millimètre lorsque la dépression parvient à Fort-Dauphin; 4° malgré cette désorganisation visible, celle-ci exécute néanmoins une translation à vitesse très lente et direction assez vague.

D'après cet ensemble de faits, on pourra conclure qu'à Madagascar un cyclone se comble sous l'influence d'une ou de plusieurs des trois circonstances suivantes : lorsque son centre pénètre dans une région caractérisée par une sécheresse permanente ou un faible degré d'humidité; lorsqu'une barrière de haute pression s'interpose sur sa route; par suite d'un refroidissement de l'atmosphère ambiante.

Ainsi triomphent de l'ouragan le plus violent quelques éléments physiques de même nature que lui, peu offensifs en apparence, mais qui frappent l'adversaire juste à son point faible.

Ces trois circonstances montrent au Père Colin quelles armes pourraient être utilisées contre le cyclone, si l'homme parvenait jamais à les pouvoir manier. Le marin a la ressource de fuir le centre de la tempête, de se réfugier tout au moins dans un secteur plus maniable, d'atténuer artificiellement l'agitation superficielle des flots par le filage de

l'huile; le terrien lui, subit douloureusement résigné, la violence de la tempête. Il lui faudrait soit dessécher, soit refroidir sur une immense superficie, les couches centrales du tourbillon. Y parviendra-t-il jamais autrement qu'en rêve?

Au surplus, s'il accumule sur son passage tant de ruines le cyclone n'a-t-il pas des répercussions heureuses pour l'agriculture, en déversant autour de son centre une pluie vivifiante, surabondante? S'il n'y avait plus de cyclones au voisinage des Mascareignes, les planteurs de cannes à sucre en seraient désolés.

CHAPITRE V

VARIATIONS ACCIDENTELLES ET LEUR PROPAGATION

Plus que jamais la météorologie scrute les couches supérieures de l'atmosphère pour y surprendre les secrets des contre-coups que nous ressentons. L'humble polype, attaché à son corail du fond, s'efforce à lever les yeux vers la masse océanique, à suivre là-haut le jeu des remous et des courants. Sans doute le Père Colin n'avait pas à sa disposition les coûteux instruments de travail, qui ont permis entre autres, les belles recherches au *Meteorological Office*, d'un Dines, d'un Gold, d'un Napier Shaw. Pour apprécier la circulation des nuages, seuls flotteurs gratuits, son néphoscope n'était que la glace noircie d'un horizon artificiel.

Faute de mieux cependant, et parce que l'information utile ne peut venir que des airs, le fondateur de l'Observatoire s'est efforcé de démêler la circulation des perturbations en comparant avec soin les barogrammes de Tananarive avec ceux du seul sommet qui se prêtât à de telles inspections. Nous ne changerons rien à ses méditations sur ce sujet.

Si l'on compare la pression dans les stations situées, soit au niveau de la mer, soit à l'altitude de Tananarive pendant le déplacement des aires cycloniques et anticycloniques, les résultats paraissent réguliers et

n'offrent pas matière à discussion féconde; tandis qu'entre Tananarive et le Tsiafajavona, les différences entre les barogrammes deviennent telles qu'un examen sérieux de la question s'impose. Du reste l'étude comparative des perturbations secondaires et principales à 1,381 et 2,630 mètres d'altitude peut compléter avantageusement ce que nous avons dit jusqu'ici sur les variations accidentelles de la pression à Madagascar.

§ 1. AIRES CYCLONIQUES

Sur 19 minima secondaires dont on a pu faire la constatation à la fois sur le plateau et le sommet, la baisse barométrique a été simultanée 6 fois; 6 fois celle du Tsiafajavona s'est montrée en avance et 7 fois on a enregistré un retard; les trois combinaisons se présentent donc avec des probabilités égales, malgré le petit nombre des données, ou à cause même de ce petit nombre.

Avant d'entrer dans le détail des analyses, il est bon de remarquer que les trois cyclones retenus comme sujets d'étude comparative correspondent à trois types de phases différentes.

Le premier d'entre eux conserve son énergie initiale, après même qu'il a évolué au Nord, à l'Ouest et au Sud de Madagascar; les deux autres perdent peu à peu leur force vive en cours de route; l'un commence dans le Nord un voyage d'aller dont il n'est jamais revenu, s'étant éteint à sa sortie de l'île; l'autre avoisine notre contrée vers le Sud; il est de ce type déjà décrit, qui semble n'avoir que la seconde branche, et ira se combler, après traversée, sur l'Océan Indien. Cette variété a son avantage.

1° Le 2 mars 1914, le centre d'un cyclone aborde le littoral Nord-Est de Madagascar. Le baromètre d'Antalaha marque 751.4 à 18 heures, résultat inférieur de 7.5 à la normale. La tempête traverse le Nord, et fait sentir son action sur nos régions, malgré les 460 kilomètres qui nous séparent d'elle.

Le vent Sud-Est souffle à Tananarive avec une vitesse moyenne de 35 kilomètres à l'heure; la plus forte baisse a lieu le 3 mars entre 15 et 16 heures, moment tropique de la marée; on lit 646.3, c'est-à-dire 2 mm. 4

au-dessous de la normale. C'est ici le lieu de nous souvenir que nous sommes à Madagascar, et qu'une baisse aussi faible prend un sens qu'elle n'aurait pas en Europe de même qu'un vent de 10 mètres par seconde est extraordinaire en cette saison et cet endroit, surtout quand il souffle du Sud-Est.

La courbe du barographe du Tsiafajavona, démesurément élargie par des oscillations incessantes du style, permet de déduire que le vent souffle en rafales sur ce sommet moins abrité. Comme à l'Observatoire, c'est vers les 16 heures que l'instrument enregistre le minimum de pression, 556.6, et ici l'écart à la moyenne mensuelle n'est plus que de 1 millimètre, à peine la moitié de celui de Tananarive.

La tempête s'éloigne de nous momentanément, entre au-dessus du canal Mozambique, se recourbe vers le Sud, et la deuxième branche de la parabole l'amène à traverser la partie Sud de Madagascar. Le baromètre qui avait remonté, baisse pour la seconde fois sous l'influence du même tourbillon, et son nouveau minimum a lieu à l'Observatoire le 10 mars vers 16 heures, plus accentué cette fois, 644 mm. 5, soit 4.3 de moins que la normale. Le barographe de la montagne n'enregistre ce même minimum absolu que le lendemain 11 à 2 heures; il marque 553.4, et est donc descendu de 3 mm. 3 au-dessous de sa normale. Or la station supérieure étant géographiquement plus rapprochée du centre que Tananarive, aurait dû, ce semble, en ressentir les effets avant nous; pourtant le cyclone n'exerce son action déprimante que 19 heures après qu'elle s'est montrée chez nous, et le baromètre y baisse moins que ne fait le nôtre; il paraît y avoir une anomalie dans la distribution verticale de la pression; pour se propager à 1,230 mètres d'altitude, abstraction faite du trajet horizontal qui aura sa valeur, la vague de baisse a eu besoin de 19 heures; elle se serait donc transmise à l'allure de 123 mètres à l'heure; nous verrons plus loin que l'anticyclone du 29 août 1914 allait sensiblement plus vite.

Si maintenant à l'aide des deux écarts à la normale, 4 mm. 3 pour l'Observatoire et 3 mm. 3 pour le Tsiafajavona, nous cherchons à mesurer l'altitude atteinte par le cyclone dans les régions supérieures, on peut

conclure, à l'approximation que donnent de tels procédés, qu'il ne devait guère dépasser 5 kilomètres, tandis que le diamètre de sa base s'étendait sur un millier de kilomètres d'épaisseur.

Il y a aussi dans ces résultats une indication que l'intensité de la perturbation décroît avec l'altitude.

2° Le 17 février 1915 une deuxième tempête est venue heurter la partie Sud-Ouest de Madagascar; elle arrive du canal de Mozambique et court sur la seconde ou unique branche de sa trajectoire. Le minimum barométrique est observé ce même jour à 14 heures sur le Tsiafajavona, 559.6, soit 5.4 plus bas que la normale; à Tananarive, deux heures plus tard, on a 643.2, soit 5.2 au-dessous de la moyenne mensuelle.

Les particularités de cette dépression se montrent d'abord dans cette équivalence presque absolue de la baisse de la pression, sensiblement la même au niveau de 2,630 et 1,380 mètres; ceci pourrait impliquer une répartition curieuse des isobares et du gradient vertical; elles se voient ensuite dans le fait que le tourbillon se comble progressivement, chose assez fréquente nous l'avons vu plus haut lorsqu'il traverse ces parages où la sécheresse domine. Il n'y a point de rafales au sommet, pas plus que sur le plateau les courbes des enregistreurs, les heures tropiques de la marée, au lieu d'altérations, présentent au contraire une régularité exceptionnelle. Comme le générateur à vapeur où tombe la pression faute d'alimentation, le cyclone s'affaiblit, par manque d'entretien du combustible, et semble bien se combler par le bas. De fait il ne va plus bien loin.

3° Le 5 mars 1915 un cyclone aborde Madagascar par le Nord de l'île Sainte-Marie. Le vent Sud-Est doit souffler en violentes rafales sur la crête du Tsiafajavona, à en juger par les oscillations qu'il imprime à la plume du barographe (voir fig. 21), — depuis la soirée du 3 jusqu'à la fin de celle du 5. La bourrasque faiblit déjà aux premières heures du 6, alors que la tempête se rapproche cependant et n'est plus qu'à environ 280 kilomètres au Nord; dès 6 heures du matin la plume descend à 553.0, valeur inférieure de 5.2 à la normale; la pression se relève ensuite

jusqu'à 22 heures; puis la plume, paresseuse parce que probablement trop appuyée contre le cylindre, décroche brusquement de 1 millimètre, comme elle subira de nouveau le 7 deux chutes à pic l'une de 1 mm. 5, l'autre, vers 12 heures, de 1 millimètre; il est d'ailleurs difficile d'y lire la valeur réelle de la pression.

Pendant ce temps le barographe à poids de l'observatoire, plus sensible, et dont le style est mieux réglé que celui de Tsiafajavona trace, à

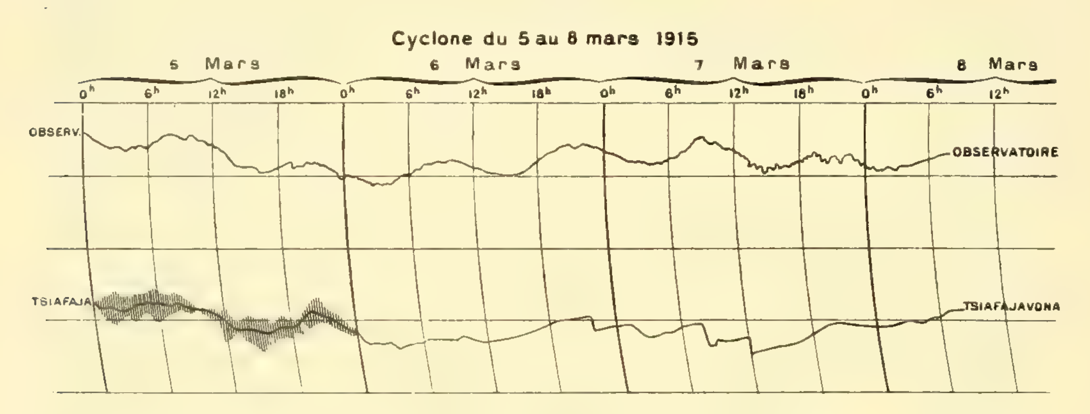


Fig. 21. — Variations accidentelles de la pression.

partir du 7 à 12 heures jusqu'au 8 à 2 heures, une série ininterrompue de crochets; c'est un de ces mouvements de pompe déjà étudiés au chapitre des cyclones; la pression était descendue à 645.1 le 6 vers 3 heures, soit 5.2 au-dessous de la normale.

Nous ne pouvons nous attarder à toutes les menues particularités; leur inspection conduit à ceci : ce troisième cyclone produit sur les barographes des baisses équivalant assez exactement à celles du précédent, décrit au nº 2; les variantes curieuses dans les allures des deux diagrammes indiquent que l'axe de rotation du tourbillon se déplace irrégulièrement, présage ici d'une désagrégation prochaine. Enfin il semble que l'altitude des couches d'air soumises à son action est notablement supérieure à celle du 2 mars 1914, que nous avions estimée à 5 kilomètres.

Cette tempête, après avoir couru vers l'Ouest-Nord-Ouest se disloque sur le canal de Mozambique.

§ 2. AIRES ANTICYCLONIQUES

La comparaison des barogrammes du plateau et de la montagne, qui porte sur une durée de vingt-sept mois, permet d'examiner ce qui se produit au passage des anticyclones secondaires. L'heure du passage des maxima barométriques et leur valeur seront les éléments à considérer surtout. Dans la période où nous possédons des enregistrements simultanés aux deux stations, on a relevé 23 remontées d'anticyclones; sur ce nombre, les maxima sont atteints à la même heure 5 fois seulement; 11 fois le maximum a lieu plus tard sur la montagne, et 7 fois il se produit plus tôt. Il n'y a donc plus l'équivalence de probabilités que l'on avait soulignée pour le cas des cyclones, bien que le total des expériences soit sensiblement le même : 19 dépressions pour 23 anticyclones. Il n'est pas indifférent d'observer que selon toute vraisemblance, les aires de hautes pressions nous arrivent du Sud ou du Sud-Sud-Ouest; cette direction de propagation devrait normalement les faire passer d'abord par l'Ankaratra, et plus tard seulement à Tananarive, vu les positions géographiques respectives de ces deux emplacements. Si donc l'Ankaratra enregistre des retards, — et cette éventualité se produit 11 fois sur 23, — le phénomène tirera de là une valeur plus significative.

Non seulement le passage des maxima barométriques s'effectue à des heures en désaccord, mais la hauteur atteinte présente une certaine irrégularité. Pour faire bref nous nous bornerons ici à l'exposé de deux cas.

1° Le 29 août 1914 le baromètre du poste de Farafangana, sur la côte Sud-Est de Madagascar, monte à 772 mm. 7, valeur supérieure de 3 mm. 8 à la moyenne mensuelle d'août en ce lieu. L'aire s'étend sur l'île tout entière; elle met 36 heures pour atteindre Tananarive, où la colonne mercurielle s'élève à 656.9 le 31 vers minuit (0 h.), soit 3.2 au-dessus de la normale, valeur peu différente de celle de Farafangana. C'est seulement à 7 heures le 31 que nous lisons le maximum au Tsiafajavona, et il n'indique plus que 2 mm. 1 en dessus de la moyenne. Dans les limites où ces résultats peuvent être légitimement interprétés, il en résulte que la haute pression parvient à l'altitude 2,630 mètres, 7 heures

plus tard qu'à l'altitude 1,381, le parcours horizontal, supposé négligeable en première approximation, ne pouvant d'ailleurs qu'accentuer la signification de ce retard; la propagation en altitude, comptée de l'observatoire au sommet, s'effectuerait donc à l'allure lente de 176 mètres à l'heure, chiffre que l'on peut comparer aux 123 mètres signalés pour le cyclone du 2 mars 1914; enfin si l'on rapproche les trois écarts à la normale, soit 3.8 au niveau de la mer, 3.2 à Tananarive, 2.1 au Tsiafajavona, ils paraissent montrer que la transmission en altitude s'accompagne d'un affaiblissement.

2° Le 22 juillet 1915, vers 7 heures, on note 774.9 à Farafangana soit un excédent de 5.6. A Tananarive le maximum est observé ce même jour à 9 heures, l'excédent n'étant plus que 3.3. Quoique cette aire de suppression soit considérable pour Madagascar, et que, par sa position géographique, le Tsiafajavona se trouve plus rapproché de la région centrale de perturbation que la capitale malgache, les premiers symptômes de hausse ne sont perceptibles au sommet que le lendemain 28 à 9 heures; quant au maximum il n'est visible que le surlendemain 29 de 21 à 22 heures, et ne dépasse pas 1 mm. 6 d'écart par rapport au terme de référence.

Nous y constatons encore la lenteur avec laquelle l'onde atmosphérique se propage en altitude; 5.6 au bord de la mer, 3.3 sur le plateau, 1.6 sur la montagne, nouvelle confirmation de la particularité déjà exposée au cas précédent, soit l'affaiblissement du gradient dans le sens vertical. On pourrait ajouter que le baromètre du sommet n'atteint que 561.8, alors que le 31 août 1914 il marquait 562.5 pour une aire plus faible au niveau de la mer.

Voici les conclusions que le Père Colin déduit des faits résumés dans ce chapitre :

1° A 2,630 mètres d'altitude, les pressions extrêmes se propagent avec une lenteur notable, une vitesse irrégulière, comme si le frottement et l'inégale densité de la masse aérienne leur opposait une résistance, et par là même un retard.

2° Elles occasionnent une répartition inégale des isobares dans les couches supérieures de l'atmosphère;

3° Pendant les deux sortes de perturbations cyclonique et anticyclonique, la température baisse sur la montagne, à cause de la nébulosité du vent et de la pluie qui interviennent généralement à cette hauteur.

4° Les amplitudes barométriques assez faibles démontrent que l'atmosphère en ce point relativement élevé, ressent dans une proportion réduite des trois quarts par rapport à celles du niveau de la mer, les mouvements violents qui s'exercent au-dessous d'elle; on n'y découvre pas qu'une réaction se produise du haut en bas, et qu'il en résulte quelque modification importante dans les phénomènes météorologiques.

Nous arrêtons ici l'étude des variations de la pression barométrique à Madagascar. Le curieux chapitre que le Père Colin consacre à l'influence du soleil et de la lune sera mieux à sa place après l'étude de la température, de la pluie et du vent, car ces éléments y sont également envisagés.

CHAPITRE VI

LA TEMPÉRATURE DE L'AIR. CAUSES GÉNÉRALES DE SES VARIATIONS

Les variations de la pression barométrique ont, en général, peu d'influence pratique sur les conditions qui régissent l'activité humaine. Certes elles provoquent des contre-coups importants, par les effets violents des vents de cyclone, par les pluies qui font cortège aux dépressions, par les sécheresses persistantes du temps d'anticyclone, à l'intérieur du pays, mais ce sont des manifestations indirectes; car autant la raréfaction de l'air sur nos montagnes peut troubler le fontionnement régulier de l'organisme et produire des accidents cardiaques, autant nous sommes pratiquement insensibles à la dénivellation de nos baromètres en un lieu donné.

Il n'en est pas ainsi des éléments météorologiques qui nous restent à examiner : ceux-ci appartiennent à la fois à la météorologie générale et à la climatologie. Pour le lecteur qui envisagerait surtout ce dernier point de vue, les chapitres précédents auront offert un intérêt médiocre; il aura retenu principalement la grande régularité du baromètre en pays tropical, l'amplitude des marées qui déroutent l'œil européen, et seul le chapitre très développé sur les cyclones ne l'aura pas laissé indifférent. Désormais, dans la suite de cet ouvrage nous serons amenés à faire plus large place aux données de la climatologie, nous gardant d'oublier que nous sommes en pays colonial, et que le seul livre de haute valeur touchant jusqu'ici notre sujet, *La Végétation malgache* de M. Perrier de la Bâthie, ne saurait nous dispenser d'approcher ce problème sous son côté purement météorologique. Le chapitre que nous consacrerons plus loin à la classification des climats malgaches fera une synthèse des analyses qu'il nous faut maintenant instaurer.

Parce que les variations de température touchent directement à l'hygiène, l'habitabilité des régions, l'acclimatation des colons, aux cultures rémunératrices comme à l'élevage, il est bon d'indiquer d'abord quelles causes générales peuvent être assignées à ces variations, quels facteurs en modifieront localement l'économie. Tel sera donc l'objet du présent chapitre.

§ 1. FACTEURS ASTRONOMIQUES

Que notre planète soit un globe vieilli qui se refroidit au cours des temps à l'exemple de la lune, ou que les réactions des minéraux radifères emprisonnés dans sa masse, par des dégagements de chaleur réactive ralentissent ce refroidissement graduel, c'est un point de vue que nous laisserons systématiquement de côté.

Notre ambition est d'écrire pour nos contemporains, non pour les siècles qui suivront, et pour qui, seuls, ces changements de température seront devenus historiquement perceptibles.

Pour le but que nous poursuivons dans ce modeste travail il est suffi-

sant de regarder le soleil comme le grand régulateur de la chaleur atmosphérique.

Ne nous attardons pas non plus à une rigueur extrême des expressions. Lorsque nous dirons que le soleil passe au zénith de Madagascar, qu'il se rapproche ou s'éloigne, on sait bien que le seul mouvement apparent est décrit, et nul n'imaginera qu'en réalité nous croyons la terre immobile au centre de l'espace, et tous les corps célestes en mouvement autour d'elle.

Parler suivant les apparences est plus commode pour maint lecteur, et n'a guère d'inconvénient.

Les rayons du soleil se manifestent à nous sous leur double forme, lumineuse et calorifique. Quand ces rayons viennent frapper directement des instruments appropriés, c'est-à-dire le jour, et en l'absence des écrans nuageux, l'intensité de ces rayonnements pourrait être mesurée soit en quantité de lumière, soit en quantité de chaleur. Ainsi procède-t-on dans les stations qui possèdent des pyrhéliomètres ou des actinomètres. Par là peut s'aborder le délicat problème de la constance ou de la variabilité du rayonnement émané du soleil. Que la quantité de chaleur émise, et reçue par la terre en dehors de la couche absorbante de l'atmosphère, éprouve autour d'une valeur moyenne des oscillations à long terme, où l'on discerne la période de onze années des taches solaires, c'est infiniment probable. Qu'il y ait aussi des fluctuations à court terme, permettant des prévisions et des pronostics sur ce qui se passera quelque temps après à notre niveau, voilà qui fait l'objet d'ardentes discussions, où nous nous abstiendrons de prendre parti. Pour intéressantes que soient ces questions, le fait même du désaccord entre spécialistes montre qu'elles touchent peu notre vie quotidienne.

Des observations actinométriques se poursuivent à l'observatoire de Tananarive depuis sa fondation; ce mode d'analyse du rayonnement interviendra peu dans ces pages, car nous ne possédons sur ce point que les seuls renseignements du plateau central. Attachons-nous surtout au procédé courant, universel : celui où l'action du soleil s'observe indirectement par la mesure des variations thermiques de l'air où nous sommes

plongés. Donc le thermomètre, avec ses appropriations diverses, sec ou humide, à maxima ou à minima, plongé dans l'eau d'un lac, ou à différentes profondeurs du sol, sera le principal instrument.

Pourtant, cet échauffement n'est pas le résultat de l'action directe des rayons solaires sur l'air lui-même, et cela nous fournira dans un autre paragraphe l'occasion de remarques pratiques. Il est nécessaire de dire ici que, dans leur traversée de l'atmosphère, les rayons du soleil ne transmettent à l'air qu'une radiation thermique très faible. Au contraire le sol est échauffé directement. Il absorbe l'énergie calorifique des rayons, il la restitue par son pouvoir émissif, et c'est lui qui communique la chaleur à la couche d'air en contact immédiat avec la terre. De proche en proche la transmission s'opère, de bas en haut. Lorsque à la nuit, l'action immédiate du soleil cesse de se faire sentir sur la portion du globe plongée dans l'obscurité, terre et mer continuent à rayonner dans l'atmosphère une partie de la chaleur reçue. Nos thermomètres travaillent donc jour et nuit, à la différence des héliographes ou actinomètres; l'influence directe connaît des alternatives d'activité et de repos, tandis que les instruments basés sur l'influence indirecte travaillent sans interruption. Toutes choses égales d'ailleurs la quantité de chaleur reçue par une partie de la surface terrestre sera d'autant plus grande que les rayons du soleil arrivent plus perpendiculairement à la surface.

Au lever du soleil ces rayons seront très obliques; à mesure que l'astre monte, leur incidence se rapproche davantage de la normale, pour s'en écarter de nouveau avec le déclin du jour. Il y a donc une variation diurne de la chaleur reçue par la terre.

Au cours des saisons successives nous retrouvons une double cause des variations de température. Lorsque la distance zénithale du soleil est nulle, ses rayons tombent exactement d'aplomb sur nos têtes, et la chaleur reçue de ce fait est maximum. La distance zénithale augmentant quand l'astre s'éloigne soit vers le Nord, soit vers le Sud, les rayons deviennent obliques, et la chaleur qui nous parviendra sera moindre. C'est la première cause.

Pendant l'hiver les nuits sont plus longues que le jour; soumise moins

longtemps au rayonnement direct, la surface du sol absorbe moins de calorique. En été les journées au contraire durent plus longtemps que les nuits : d'où une augmentation de chaleur reçue : deuxième cause de variations.

Ces deux facteurs dépendent directement de la latitude du lieu considéré; précisons donc en quelques mots ce qui, à Madagascar, tient à la latitude dans cet ordre d'idées.

Plus la latitude est faible, c'est-à-dire plus on se rapproche de l'Équateur, et plus la période où les rayons du soleil sont voisins de la verticale est étendue. Ce serait donc l'Équateur qui recevrait le maximum de chaleur annuelle, si la transparence de l'air n'apportait un nouvel élément de variation. De deux points de la terre, le plus rapproché du Pôle recevra en principe moins de chaleur solaire. L'extrémité Nord de Madagascar est à 12° de l'Équateur, l'extrémité Sud à plus de 25°; il sera donc logique de s'attendre à trouver des températures plus élevées dans la région du Cap d'Ambre qu'au voisinage du Cap Sainte-Marie. Les stations météorologiques de l'île s'échelonnant sur 13°41′ de latitude, soit 1,540 kilomètres environ, l'influence de la latitude peut devenir perceptible, là où des conditions locales ne viendront pas trop la contrarier.

Le soleil passe au zénith de Diégo-Suarez le 26 octobre dans son mouvement vers le Sud il atteint Tananarive le 17 novembre, et s'arrête au solstice du 22 décembre auprès de la montagne de la Table, et 60 kilomètres plus Sud que la latitude de Farafangana. C'est le point extrême; dans le mouvement inverse, vers le Nord, la distance zénithale est nulle pour la seconde fois à Tananarive le 26 janvier, à Diégo le 17 février, et augmente partout jusqu'au solstice d'hiver du 21 juin. Théoriquement, pour les stations où a lieu le double passage, la distance zénithale augmentant sensiblement dans l'intervalle, on devrait retrouver deux maxima de température, séparés par un minimum relatif; un seul maximum existerait dans les régions plus méridionales. Mais tant de causes secondaires régionales ou locales troublent la régularité des phénomènes thermiques, qu'il est difficile de mettre en évidence cette

inégalité. Nous la signalerons cependant à Diégo, station où elle devrait être plus visible.

L'inégalité entre les jours et les nuits est d'autant moins sensible qu'on se retrouve plus près de l'Équateur. A Tananarive les journées du solstice d'hiver, en juin, sont plus courtes que les nuits d'environ 2 h. 16. Inversement, d'octobre à mars les jours sont plus longs que les nuits, la différence atteignant ce maximum de 2 h. 16 dans les derniers jours de décembre.

Si donc des facteurs d'ordre moins général, physiques, orographiques, ne viennent pas perturber trop fortement l'économie de la distribution de la chaleur solaire, on peut raisonnablement diviser l'année climatérique en deux périodes : saison chaude d'octobre à mars, saison fraîche d'avril à fin septembre. Nous verrons plus loin s'il y a lieu d'apporter une modification importante à cette répartition.

§ 2. FACTEURS PHYSIQUES GÉNÉRAUX OU LOCAUX

Dans les considérations qui précèdent nous avons envisagé le rayonnement idéal, transmis à travers une atmosphère homogène à un élément type de la surface terrestre. La météorologie est beaucoup trop conditionnée par des situations concrètes pour s'accommoder d'une répartition type de la chaleur. On conçoit aisément que le calorique reçu par la terre et rayonné dans les couches aériennes sera fortement modifié, tant par la nature du sol et sa disposition orographique que par les inégalités de l'absorption dans une masse atmosphérique plus ou moins chargée de vapeur d'eau, et parcourue par des courants aériens de provenance distincte.

1° *Influence du sol sur la température.* — Il s'agit ici de l'action directe du soleil sur la surface terrestre, ou plutôt de la capacité plus ou moins grande des différents sols à recevoir et à rayonner la chaleur.

Déjà l'on entrevoit deux grandes divisions : les mers et les continents. On sait en effet que l'eau s'échauffe lentement, et restitue de même le calorique absorbé. La mer agira donc comme un régulateur du climat,

et les stations insulaires ou littorales en subiront l'action retardatrice. D'où variations moins grandes entre le jour et la nuit, atténuation de l'amplitude entre maxima et minima d'une même journée, retard aussi à enregistrer le maximum et le minimum annuels.

Le plus grand nombre des statistiques météorologiques malgaches est fourni par les postes maritimes; de plus nos points de comparaison avec les pays voisins sont également choisis sur le rivage de l'Afrique ou des îles Mascareignes; nous ne devons pas oublier cette particularité.

La terre sous ses multiples aspects possède au contraire un pouvoir absorbant et émissif d'action incomparablement plus puissante et plus rapide. Les climats continentaux, qui résultent de l'exagération d'une telle différence, se caractérisent par des maxima élevés, des minima bas, des amplitudes diurnes ou saisonnières considérables. Ce sera en petit la condition des stations de l'intérieur de Madagascar; l'étendue de l'île, sans être suffisante pour provoquer des effets aussi puissants que ceux de l'Afrique voisine ou de l'Australie, n'est cependant pas négligeable.

Il y aura lieu encore de remarquer que sa surface est loin d'être homogène : sables des bords de mer, alluvions dans les plaines de l'Ouest, argile latéritique dénudée du Centre, bois des zones forestières, rochers des montagnes, autant d'éléments qui ont chacun sa façon propre de recevoir et de rendre le rayonnement thermique. Les sables s'échaufferont plus vite, et la nuit se refroidiront plus tôt; les forêts humides agissent quelque peu à la manière des eaux marines pour égaliser les réactions; la carapace argileuse et nue du plateau est mauvaise conductrice; elle mettra plus de temps que le sable à se laisser pénétrer comme à rendre sa chaleur; le maximum de température s'y notera plus tard que sur la plage, l'alluvion ou le rocher du Tsiafajavona.

2° *Action de l'atmosphère.* — Si, en première approximation, nous avons pu faire abstraction du manque d'homogénéité des couches atmosphériques, il nous faut revenir maintenant sur cette simplification de début.

L'atmosphère absorbe peu, soit; cependant plus l'épaisseur d'air traversée est grande, moins il arrivera de chaleur et de lumière au sol.

Les couches agitées de la troposphère sont plus élevées, donc plus épaisses, à l'Équateur que sur les régions tempérées : c'est du moins la leçon que nous donnent les sondages. Il y aurait de ce chef, un léger effet de compensation, puisque nous avons dit que l'incidence moyenne des rayons solaires était plus forte à l'Équateur.

Nous devons insister davantage sur le rôle de la vapeur d'eau dans l'air. Elle possède un pouvoir absorbant indéniable : or l'on connaît les valeurs importantes de la quantité de vapeur contenue dans l'air équatorial et intertropical.

Lorsque l'air saturé abandonne, à certaines altitudes, l'eau en excès, et que la condensation s'opère sous forme de nuages, nous constatons qu'un obstacle interpose entre le rayonnement solaire et la terre. Les thermomètres de nos actinomètres baissent instantanément au passage de nuages opaques; ils accusent une diminution moins forte s'il s'agit de voiles transparents comme certains *cirro-stratus*; enfin, là où l'œil croit voir le bleu du ciel à peine laiteux, on peut encore à l'aide du même instrument se rendre compte que toute la chaleur ne nous arrive pas dans son intégrité.

Si le nuage agit à la façon d'un écran pour intercepter le rayonnement émané du soleil, il ne se comporte pas autrement vis-à-vis de la chaleur restituée par le sol. Cet effet de la nébulosité est bien connu : les gelées ou les très basses températures n'ont lieu qu'aux nuits où un ciel pur, un air calme, permettent au rayonnement terrestre d'acquérir son maximum. Et l'Équateur géographique continuellement enveloppé d'une ceinture de nuages bas, ne coïncide que rarement avec l'Équateur thermique. Toute étude sur la climatologie devrait donc se compléter de recherches sur la nébulosité.

Nous ajouterons à ce chapitre quelques statistiques provenant du seul observatoire de Tananarive. Sous forme directe de proportion de ciel couvert de 0 à 10, ou sous l'aspect équivalent de durée moyenne d'insolation, on y trouvera des indications valables pour tout le plateau central. A défaut d'autres documents, on peut dire que d'une façon générale la nébulosité sera beaucoup plus forte sur la côte orientale que sur l'occi-

dentale, plus forte sur la forêt que sur les crêtes arides, très faible enfin dans tout le Sud-Ouest de l'île. La raison prédominante de cette disposition réside dans l'action du vent humide d'alizé. Là où son action s'exerce sans contrainte, les cumulus, les balles de coton des marins, sont nombreux; s'il est arrêté par une ligne faîtière transversale, il accumule ses nuages, ses brouillards, précipite ses pluies. Desséché au passage du plateau, il n'est plus qu'un vent sec, lorsqu'il souffle sur la région occidentale, d'ailleurs en grande partie abritée au pied des monts. Lorsqu'au contraire régnera la mousson chaude et pluvieuse du Nord-Ouest, la distribution de l'air humide et nuageux sera modifiée en conséquence.

Nous retrouverons tout ceci en parlant de la pluie.

On peut dès maintenant affirmer que le vent est le grand maître de la climatologie malgache, au point que M. Perrier de la Bâthie a pu diviser la végétation en *flore du vent* et *flore sous le vent*, tout comme aux Mascareignes.

Ce sont les mois d'octobre et novembre qui, dans la presque totalité de Madagascar, présentent la plus grande limpidité et la plus grande sécheresse de l'air. Aussi verrons-nous dans ces mois des maxima importants de température; mais le rayonnement nocturne y sera grand aussi, et la moyenne quotidienne s'équilibrera sous cette double réaction.

Nous trouvons en terre malgache une région où plusieurs facteurs ajoutent leur influence thermique : c'est la côte Nord-Ouest, du cap Saint-André à Diégo-Suarez. Abritée par les montagnes, elle ne ressent plus l'effet rafraîchissant de l'alizé, qui lui parvient privé de son humidité. Elle forme un demi-cercle ouvert au Nord-Ouest, vers l'Afrique et la mousson. La dorsale orographique du Bongo-Lava, du Manasamody, l'isole de l'intérieur. Le courant marin chaud de Mozambique la longe dans sa course de l'Équateur vers le pôle et l'échauffe de son haleine; les vents du Nord-Ouest concourent encore à élever sa température. On ne s'étonnera donc point de voir dans ce pays un véritable foyer thermique, moins fort évidemment que les centres classiques de l'Argentine, de l'Afrique continentale ou de l'Australie, mais bien net cependant. On l'a déjà signalé, sans expliquer la cause de sa formation, en

décrivant les isobares qui entourent une aire semi-permanente de basses pressions.

Enfin il faudrait encore inscrire ici l'opération due aux déplacements réguliers ou accidentels des grands anticyclones ou des dépressions. Ces dernières amenant la chaleur et la pluie, les premiers refroidissant l'air et donnant plutôt des bruines, qu'arrête la montagne, et qui se changent plus loin en de vraies sécheresses.

Nous ne parlerons pas de l'action plus profonde de ces variations de pression sur les grands courants atmosphériques et sur le déplacement consécutif de la surface de discontinuité entre l'air froid de l'alizé et l'air chaud de l'Équateur : faute d'un nombre suffisant d'observations nous ne pourrions rien dire qui soit spécifiquement malgache.

§ 3. IMPORTANCE DE CES FACTEURS A TANANARIVE

Après avoir énuméré les éléments qui interviennent dans la réception par le sol du rayonnement solaire, et avant d'en étudier la répercussion sur la mesure par les thermomètres de la chaleur restituée à l'air par la terre, nous groupons ici, les observations faites à Tananarive sur l'insolation, la nébulosité et l'actinométrie.

1° *Insolation.* — L'insolation s'enregistre automatiquement à l'aide des héliographes; l'appareil de Campbell-Stokes n'est qu'une lentille sphérique au foyer de laquelle le soleil vient brûler une bande de carton. Il est facile d'en déduire les moments où le soleil fut effectivement visible au-dessus de l'horizon, et où aucun nuage épais ne s'interposait entre l'instrument et l'astre; l'héliographe Jordan donne sensiblement les mêmes résultats. Au lieu de faire appel à l'énergie thermique pour carboniser un carton, il utilise l'action actinique des mêmes rayons sur un papier photographique, au ferro-prussiate. En fait ce dernier procédé réussit mieux à Tananarive pour divers motifs d'intérêt secondaire. Dans le Campbell notre instrument n'a pu être réglé exactement pour la latitude du lieu (vice de construction); le carton mal protégé s'imbibe de la rosée matinale, et pendant le temps qu'il met à se sécher, la trace

du soleil n'est pas visible. On perd par là une bonne demi-heure le matin.

Enfin le soir les derniers feux obliques du couchant n'ont plus l'énergie suffisante pour marquer à travers la lentille, alors qu'ils agissent encore faiblement sur le papier sensible. C'est donc l'héliographe photographique de Jordan qui fournira les statistiques. Il est facile de calculer pendant combien de temps chaque jour de chaque saison le soleil doit se trouver au-dessus de notre horizon. En comparant ces chiffres à ceux de l'insolation effectivement enregistrée nous obtenons une valeur approximative de la nébulosité moyenne.

Dressons donc un petit tableau à quatre colonnes. La première contient en heures et dixièmes d'heure la durée moyenne mensuelle de l'insolation observée; la deuxième la durée moyenne d'insolation possible, la troisième le rapport de ces deux quantités, appelé souvent fraction d'insolation ou pourcentage d'insolation réalisée; la quatrième, complément de ce pourcentage représente la nébulosité.

Tableau 9. — **Insolation et nébulosité à Tananarive.**

	INSOLATION POSSIBLE	INSOLATION OBSERVÉE	POURCENTAGE	
			de soleil.	de nuages.
Janvier	403.0	209.7	52	48
Février	356.4	184.8	52	48
Mars	374.9	222.2	59	41
Avril	347.0	221.9	64	36
Mai	344.4	229.3	67	33
Juin	326.0	204.6	63	37
Juillet	340.2	203.9	60	40
Août	351.8	229.5	65	35
Septembre	355.8	247.4	69	31
Octobre	384.2	266.4	69	31
Novembre	386.0	239.9	62	38
Décembre	407.0	205.7	51	49
Année	4,376.7	2,667.3	61	39

Ces résultats sont déduits des moyennes mensuelles de trente-deux années à Tananarive et au même emplacement.

La nébulosité estimée à vue dans les observations directes faites cinq

fois par jour donnerait, aux imperfections d'estime près, des chiffres analogues.

On voit aussitôt que la nébulosité la plus faible s'observe en septembre et octobre; nous remarquerons plus tard pour cette époque de l'année une diminution corrélative de l'humidité relative, surtout en octobre, mois le plus sec de l'année à ce point de vue, et où l'atmosphère est plus transparente; un maximum secondaire de l'insolation a lieu en mai, après la saison des pluies, et avant les bruines d'hiver.

Les mois les plus chargés de nuages sont décembre, janvier, février, où la saison des pluies bat son plein.

Si nous avions séparé, dans cette statistique, les matinées des après-midi, on aurait pu constater combien le ciel est plus dégagé le matin, plus encombré le soir, alors même que l'orage n'éclate pas.

Si l'on cherche la journée où l'on enregistre le maximum d'insolation, il suffit de voir que c'est le 2 novembre 1922 avec cent pour cent. Il est assez fréquent, au moment des cyclones de ne pas apercevoir le soleil pendant quatre ou cinq jours.

Les astronomes pourraient estimer qu'avec une fraction d'insolation de 0.61 l'observatoire de Tananarive est relativement favorisé, et que les bonnes soirées y doivent être nombreuses. Ceci ne serait pas tout à fait exact; en effet pendant la saison des pluies l'orage, ou en tout cas les nuages, encombrent le ciel jusqu'après minuit, et aux heures fraîches de la matinée une rosée abondante ruisselle sur le verre des lunettes ou télescopes. En saison dite sèche, le ciel est souvent pur dans la journée, mais avec la fraîcheur du soir les stratus, souvent la bruine impalpable nous viennent de la forêt; si l'atmosphère reste transparente, la rosée commence avant 10 heures du soir, et se raccorde sans transition aux légers brouillards du matin. Effets d'altitude sans doute; Tananarive en fait est un lieu peu favorable aux observations astronomiques. On pourrait au besoin trouver dans le Sud-Ouest de Madagascar un ciel plus idoine.

Un bref tableau comparera la durée d'insolation de Tananarive avec celle de quelques autres stations du monde.

Tableau 10. — **Durée d'insolation en divers climats.**

STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES	LATITUDE	INSOLATION
		p. 100.
Kimberley (Afrique Australe)	28° 47′ S.	74
Allahabad (Inde)	25° 26′ N.	73
Port-au-Prince (Haïti)	18° 34′ N.	71
Leon (Mexique)	21° 07′ N.	68
Madrid	40° 24′ N.	65
New-York	40° 44′ N.	64
Maurice	20° 10′ S.	63
Nice	43° 43′ N.	62
Tananarive	18° 55′ S.	61
Beaulieu (France)	43° 42′ N.	59
Paris Parc Saint-Maur	48° 49′ N.	43

Dans son manuscrit le Père Colin ajoutait les réflexions suivantes : considérons les effets que produisent sur les éléments météorologiques l'augmentation ou la diminution de l'insolation pendant l'année entière.

En 1902, nous relevons la plus haute valeur observée depuis vingt-cinq ans, soit 2,863 h. 58 de soleil. Or la hauteur moyenne du baromètre pendant cette année est 650 mm. 2, inférieure de 0 mm. 2 à la normale; la température de l'air s'élève à 19°.5, valeur qui constitue un record, comme aussi celle atteinte par l'actinomètre à boule blanche 25°.6, c'est-à-dire 1°.2 au-dessus de la normale. L'humidité relative ne paraît pas trop affectée, n'ayant perdu que 0.8 p. 100. L'évaporomètre Piche donne 9 mm. 35 de plus que la moyenne; la quantité totale de pluie tombée atteint à peine 1,134 millimètres; c'est 234 millimètres de moins que la normale; enfin la vitesse totalisée du vent dans l'année enregistre son minimum extrême avec 67,682 kilomètres parcourus.

La plus basse valeur de l'insolation fut observée en 1899 avec 2,403 h. 2. Le baromètre est de 0 mm. 2 plus haut que sa moyenne, la température de l'air est 18°.1, c'est-à-dire 0°.4 au-dessous de sa moyenne, l'humidité relative augmente de 0.4 p. 100. L'évaporomètre Piche enregistre une baisse de 11 mm. 40, la pluie totale est 1,479 millimètres, soit 108 de plus que la normale, et l'anémomètre totalise 122,169 kilomètres de vent, avec un excès de 13,222 sur la moyenne de vingt-cinq années.

2° *Actinométrie.* — Lors de la fondation de l'observatoire en 1889 on installa l'actinomètre d'Arago, composé de deux thermomètres identiques, fixés dans une enceinte de verre vidée d'air, l'un des réservoirs étant noirci au noir de fumée, l'autre restant brillant.

C'était l'instrument type de l'époque, du moins en France. Les lectures directes étaient faites cinq fois par jour.

On lui adjoignit un actinographe Violle construit par Richard pour ces enregistrements continus. Ce sont là des appareils plutôt primitifs, sans étalonnage absolu, et dont on connaît les défauts. Nous donnerons tout à l'heure les moyennes horaires de l'actinographe, pour faire voir dans quelle mesure cet instrument est sensible au rayonnement nocturne du sol.

Nous ne tirerons bien entendu, de nos actinomètres aucune appréciation sur la valeur de la constante solaire. Cette constance étant admise, la différence des hauteurs de mercure dans les deux thermomètres variera dans le même sens que la transparence de l'atmosphère. Nous opérons sur de longues séries de moyennes, ce qui peut éliminer bon nombre d'erreurs accidentelles mais non le déplacement du zéro dans le thermomètre recouvert de noir de fumée. Ce dernier a été plusieurs fois remplacé par un instrument neuf.

TABLEAU 11. — **Actinomètre d'Arago. Moyennes mensuelles d'après vingt-cinq années.**

	B. B.	B. N.	DIFFÉRENCE
Janvier	26°.8	33°.8	7°.8
Février	26°.3	32°.8	6°.5
Mars	26°.4	33°.2	6°.8
Avril	25°.1	32°.1	7°.0
Mai	23°.1	29°.6	6°.5
Juin	20°.4	26°.7	6°.3
Juillet	19°.6	25°.7	6°.1
Août	20°.9	27°.4	6°.5
Septembre	23°.6	30°.6	7°.0
Octobre	26°.3	33°.6	7°.5
Novembre	27°.1	34°.6	7°.5
Décembre	36°.6	33°.6	7°.6

Dans le tableau la première colonne représente la moyenne men-

suelle des hauteurs de mercure du thermomètre à boule nue, la deuxième celle du thermomètre noirci, la troisième les différences, les séries étant de vingt-cinq ans.

Dans les deux instruments la hauteur maximum est atteinte en novembre, mois où l'atmosphère est sèche, et où le soleil passe pour la première fois au zénith de la station; le minimum a lieu en juillet. Les mesures de la nébulosité ne laissent pas voir une corrélation parfaite avec les résultats de l'actinomètre. Il n'y a pas non plus parallélisme rigoureux avec les moyennes d'humidité relative. Nébulosité et humidité relative sont minima en octobre, résultat que souligne en actinométrie le maximum de la différence entre boule blanche et boule noire. Mais il n'y a plus coïncidence entre les maxima de vapeur d'eau et les minima de transparence. C'est qu'un troisième élément intervient, dont l'influence nous paraît prépondérante au point de vue transparence. Nous voulons parler de cette brume sèche ou *qobar* si fréquente sur nos plateaux pendant la saison sèche. Elle nous semble surtout due aux fines poussières latéritiques rouges que le vent d'anticyclone tient en suspension dans l'air; dans cette hypothèse il devient facile d'expliquer que la transparence de l'air soit faible en hiver, saison sèche et venteuse. En septembre les premiers orages précoces précipitent ces poussières, dont l'abondance sera moindre pendant la saison des pluies. Donc atmosphère purifiée de septembre à novembre, absence de poussières jusqu'en fin avril, mais de décembre à mars forte teneur de l'air en vapeur d'eau. Ce sont des remarques plausibles, quoique non définitives.

Le maximum absolu de l'actinomètre à boule blanche a été observé le 6 décembre 1905 à 13 heures et le 16 mars 1919 à 7 heures, la hauteur étant 49°.6; le minimum absolu 4°.6 eut lieu le 13 août 1909 à 7 heures. Pour le thermomètre à boule noircie on lut 64°.4 le 7 mars 1890 à 13 heures et 65°.6 le 13 août 1909 à 7 heures.

La différence maxima entre deux lectures simultanées est 14°.

Il est instructif de comparer quelques données fournies, au même instant par l'actinomètre à boule blanche exposé au soleil et le ther-

momètre sec placé sous abri : ce sont alors des modifications qui tiennent au rôle de l'abri ouvert, et à la transparence de l'air.

D'avril à juillet l'amplitude est sensiblement la même pour ces deux thermomètres; sous l'abri on lit 5°.2, à l'air libre 5°.5.

De juillet à novembre, tandis qu'à l'ombre la température s'élève progressivement, en plein air l'augmentation est plus brusque : 6°.7 contre 7°.5 pour l'amplitude.

En septembre et octobre surtout, mois où nous avons noté une plus grande transparence de l'air par précipitation des poussières et diminution de vapeur d'eau, la différence entre les deux amplitudes est très forte 6°.4 sous abri, 13°.4 pour l'actinomètre à boule nue. L'insolation atteint alors son maximum à travers une atmosphère purifiée.

Le maximum annuel de novembre a lieu simultanément sous l'abri et à l'air libre, comme on pouvait s'y attendre.

En décembre, alors que les rayons du soleil sont déjà moins verticaux pendant que l'astre poursuit sa route vers le Sud, l'actinomètre accuse une baisse de 0.5, alors que sous l'abri la variation est nulle. Ici c'est l'échauffement prolongé du sol qui nous paraît en cause. C'est lui qui fera monter la température moyenne, en relevant chaque jour davantage la valeur des minima diurnes. En Australie, Griffith Taylor remarque un retard de cinq à six semaines entre l'époque de rayonnement plus grand du soleil, et celui où la terre est pleinement échauffée.

Sur nos plateaux latéritiques le retard serait du même ordre, soit environ de cinq semaines. On se rappelle qu'au paragraphe 1 du présent chapitre nous avions partagé l'année malgache en deux saisons d'après le cours du soleil en distance zénithale : nous signalons ici pour la première fois une modification due à la perméabilité calorifique du sol. La terre mettant cinq semaines à répondre à l'action solaire, il faudra décaler d'autant la saison, dans le sens d'un retard.

On donnera ici les valeurs moyennes relevées sur l'actinographe Violle-Richard pour chacune des 24 heures; pour la nuit ceci indiquera dans quelle mesure l'instrument à deux sphères est sensible au rayonnement ambiant, sans influence directe du soleil; pendant la journée,

nous en tirerons encore quelques comparaisons avec le thermographe. Ces petits problèmes eussent été passés sous silence si d'autres auteurs les avaient traités. Les documents imprimés de notre bibliothèque nous laissent croire qu'à défaut d'autres mérites ils ont la saveur de l'inédit : c'est pourquoi on n'a pas cru devoir les omettre.

Le tableau suivant est composé exactement de la même manière que le précédent. Première colonne, résultat du thermographe enfermé sous une sphère de laiton doré; deuxième, thermographe en sphère de laiton noirci; troisième, différence.

Tableau 12. — **Journée moyenne de l'actinographe Violle-Richard.**

	S. D.	S. N.	DIFFÉRENCES
0 heure	16.1	22.4	6.3
1 —	15.9	22.0	6.1
2 heures	15.6	21.8	6.2
3 —	15.4	21.6	6.2
4 —	15.1	21.5	6.4
5 —	15.0	21.1	6.1
6 —	15.3	21.2	5.9
7 —	17.3	23.8	6.5
8 —	21.7	28.6	6.9
9 —	25.5	32.8	7.3
10 —	28.4	36.2	7.3
11 —	30.0	38.4	8.4
12 —	31.0	39.5	8.5
13 —	31.2	40.4	9.2
14 —	30.9	39.2	8.3
15 —	29.5	37.3	7.8
16 —	29.6	34.3	7.4
17 —	34.0	30.6	6.6
18 —	20.2	26.4	6.2
19 —	18.7	24.9	6.2
20 —	17.9	24.0	6.1
21 —	17.3	23.5	6.2
22 —	16.9	23.0	6.1
23 —	16.4	22.6	6.2

Le Père Colin ne semble pas avoir tenu compte ici de l'écartement imposé aux plumes de l'enregistreur. Le rayonnement nocturne agit sensiblement de la même façon sur les deux sphères dorée ou noircie, de sorte que la différence des lectures reste suffisamment constante.

Mais c'est à 13 heures que nous observons le maximum des deux actinomètres, alors que le thermographe sous abri ouvert n'atteint son plus

haut point qu'à 14 heures, c'est-à-dire une heure plus tard. L'abri, composé d'une simple toiture de chaume, diminue et retarde les effets du rayonnement, même nocturne, car le minimum du matin à six heures sur l'actinographe est encore en avance d'une heure. On ne sera pas surpris que des corps doués d'un pouvoir émissif aussi grand que celui du laiton, métal choisi précisément à cause de cette propriété, s'échauffent et se refroidissent beaucoup plus rapidement à l'air libre qu'un simple thermomètre abrité par un toit.

On arrête ici ce chapitre préliminaire : action du soleil sur la température, influence de la latitude, de la nature du sol, l'exposition, de la transparence de l'air, de sa teneur en vapeur d'eau, des vents chauds ou froids, humides ou desséchés, retard de transmission à l'atmosphère de la chaleur solaire, à cause de la lenteur que met la terre à absorber et restituer le calorique, autant de facteurs qui interviendront dans la répartition des températures suivant les temps et les régions.

CHAPITRE VII

VARIATIONS CONTINUES DE LA TEMPÉRATURE

§ 1. VARIATIONS DIURNES

Grâce aux enregistreurs, nous pouvons donner, sous forme de tableaux et de graphique, la température moyenne de l'air à Tananarive pour chaque heure de la journée; ces chiffres sont déduits des observations continues pendant vingt-cinq ans, et constituent ce qu'on a coutume d'appeler le jour thermométrique moyen.

Il est intéressant de rechercher quelles variations se produisent à des altitudes différentes; ne possédant pas d'enregistrements pris au bord de la mer, nous donnons seulement les moyennes horaires de vingt-sept mois au sommet du Tsiafajavona (2,630 m.), et, à titre de comparaison les moyennes de cette même période à l'Observatoire (1,381 m.).

Quatre faits généraux se dégagent de ces relevés : 1° Les courbes

représentant la variation diurne, sont dissymétriques aux deux stations. Le réchauffement des couches d'air à 1 m. 50 du sol se fait sans arrêt depuis le lever du soleil jusqu'à l'heure du maximum; la décroissance garde une allure un peu moins rapide jusqu'au coucher du soleil, et se continue lentement pendant la nuit, pour atteindre le minimum absolu le matin. On voit ici comment le sol agit dans la restitution nocturne du calorique absorbé.

D'autre part les variations constatées au sommet rocheux du Tsiafajavona paraissent plus régulières que celles du plateau central, et leur amplitude est beaucoup plus faible. A cette altitude, dans ces conditions d'exposition et de nature du sol, l'action calorifique du soleil surpasse peu la déperdition par rayonnement; par contre la pierre du sommet est plus prompte à accuser l'élévation de température, et peut-être aussi les brouillards du matin sont-ils plus rares dans une atmosphère mieux ventilée. A l'observatoire, le rayonnement du sol se manifeste plus tard, mais poursuit son action avec une énergie plus grande.

Dans la soirée la déperdition de chaleur est grande sur le Tsiafajavona, et se fait presque aussi vite que le réchauffement du matin; la pierre se refroidit, l'air est plus limpide que sur le plateau, rien ne vient entraver l'échange; sur la colline de l'Observatoire l'argile compacte et rougeâtre a mis plus longtemps à se laisser pénétrer, et sera lente à restituer; l'air montant des rizières et des lacs voisins est chargé d'humidité : autant de causes de ralentissement.

2° Considérons les valeurs extrêmes de la variation et les heures où elles se produisent.

Le froid est plus grand vers 3 ou 4 heures du matin sur la montagne, alors qu'à Tananarive le minimum se produit vers 6 heures, sensiblement au moment du lever du soleil. Ce n'est pas là simple question d'altitude, mais plutôt d'emplacement. La ceinture de rizières qui entoure la capitale malgache nous paraît en grande partie responsable des froids humides du matin.

A Maurice (altitude 57 mètres) le minimum s'observe vers 5 heures; ici la mer toute proche fait sentir son action.

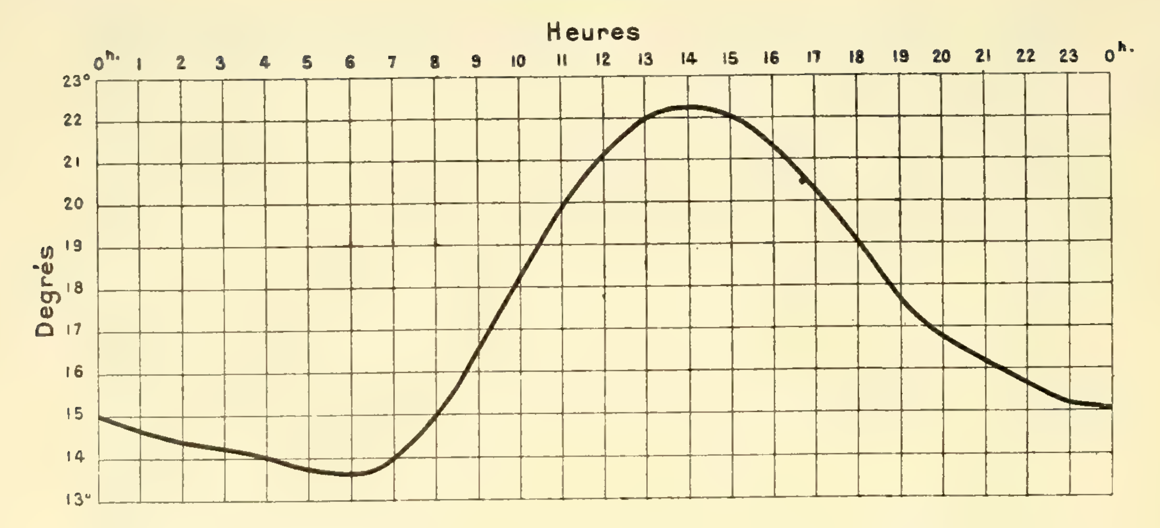


Fig. 22. — Jour thermométrique moyen à Tananarive d'après vingt-cinq années d'observations.

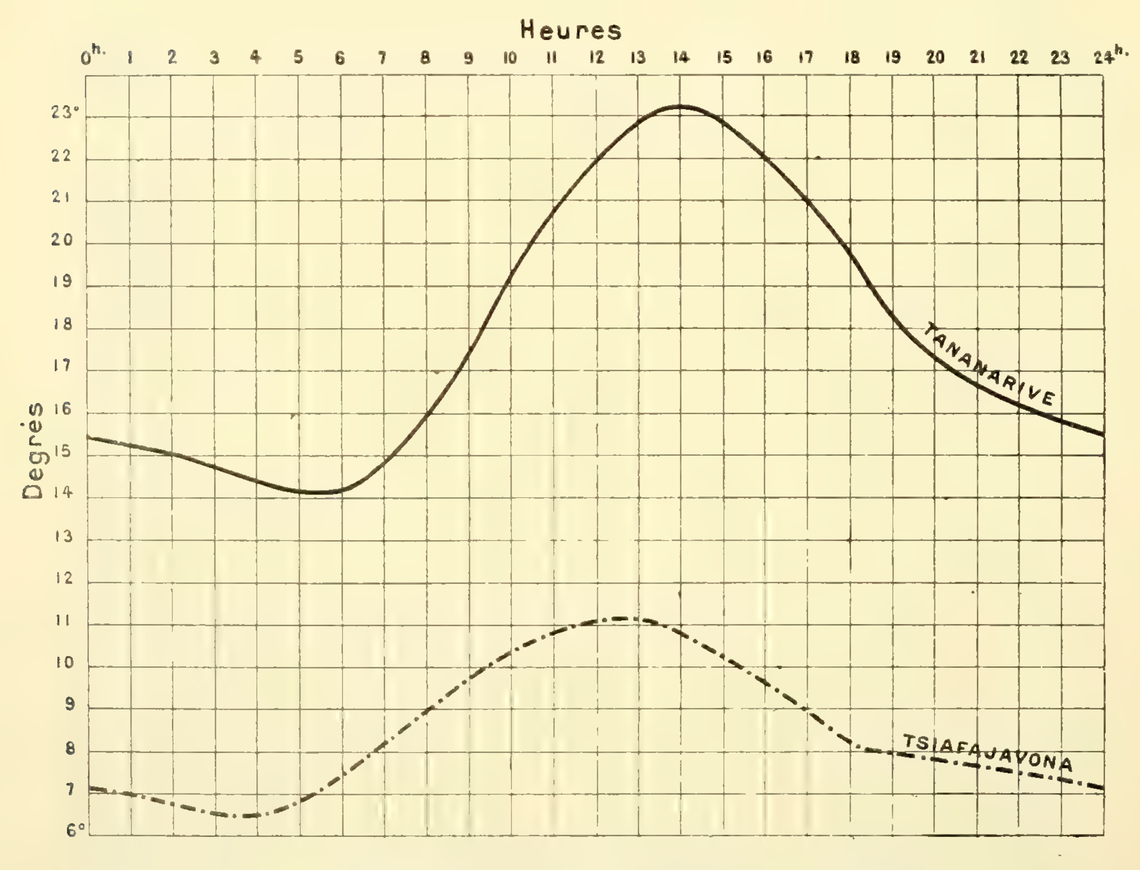


Fig. 23. — Jour thermométrique moyen à Tananarive (1,381 m.) et au Tsiafajavona (2,630 m.). Moyenne des années 1914 à 1916.

TABLEAU 13. — **Jour thermométrique moyen à Tananarive, d'après vingt-cinq ans d'observations.**

0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h
15°.1	14°.7	14°.5	14°.3	14°.0	13°.8	13°.7	14°.0	15°.0	16°.6	18°.2	19°.8
12h	**13h**	**14h**	**15h**	**16h**	**17h**	**18h**	**19h**	**20h**	**21h**	**22h**	**23h**
21°.0	21°.9	22°.2	22°.1	21°.5	20°.4	19°.0	17°.8	16°.8	16°.3	15°.9	16°.4

TABLEAU 14. — **Jour thermométrique moyen sur le Tsiafajavona et à Tananarive. Résultat d'observations de 1914 à 1916.**

HEURES	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h
Tsiafajavona.	7.2	7.0	6.8	6.7	6.7	6.9	7.4	8.1	9.0	9.8	10.5	10.8
Tananarive .	15.5	15.2	15.0	14.7	14.5	14.3	14.3	14.9	15.9	17.5	19.1	20.6

HEURES	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	MOYENN DIURNE
Tsiafajavona.	11.2	11.2	10.8	10.3	9.7	9.0	8.4	8.1	7.9	7.7	7.6	7.4	8.6
Tananarive .	21.9	22.8	23.1	22.9	22.3	21.1	19.7	18.4	17.5	16.8	16.3	17.9	17.9

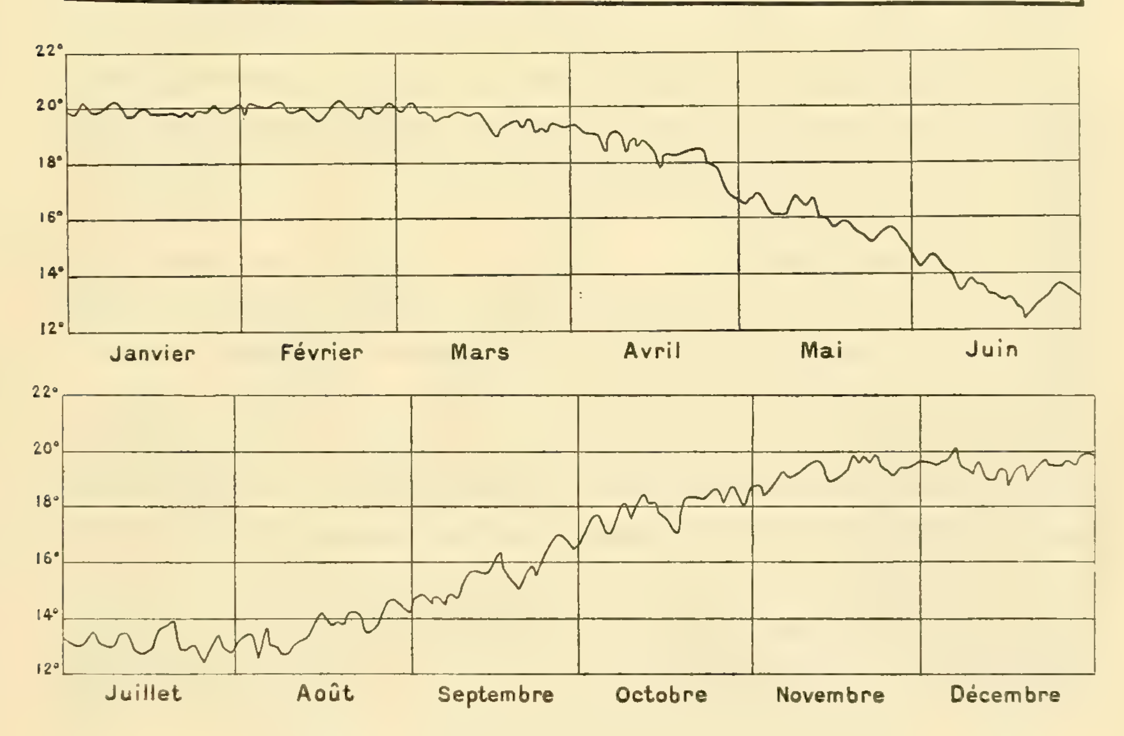


Fig. 24. — Température moyenne pour chaque jour de l'année à Tananarive d'après dix-huit ans d'observations (p. 181).

La température est maxima sur le Tsiafajavona entre 12 et 13 heures, comme à Maurice, tandis que sur le plateau la chaleur n'atteint toute son élévation qu'à 14 heures. Ce sont encore les condition locales qui doivent expliquer cette anomalie car normalement on aurait dû s'attendre à la constatation inverse. Le double passage par la valeur moyenne est à 8 et 18 heures au sommet, à 7 h. 45 et 18 h. 45 à Maurice, à 9 heures et 19 h. 30 à l'observatoire. Ce retard nous paraît résulter de la même anomalie locale.

Le maximum absolu de 1914 fut de 18°.7 sur le Tsiafajavona le 28 décembre; il avait été de 30°.6 à Tananarive le 25 du même mois, c'est-à-dire trois jours plus tôt. En 1915 on note 20°.1 le 30 octobre sur le sommet et 32°.6 à l'Observatoire le 28 octobre; encore deux jours d'avance pour le plateau.

Sur la montagne le plus grand froid est — 2°.3 le 29 juillet 1914, Tananarive ayant 5°.4 les 24 et 25 : au sommet — 2°.6 le 15 juillet 1915, sur le plateau + 3°.8 le 13 deux jours avant.

Amplitudes annuelles 21° et 22°.7 au Tsiafajavona, 25°.2 et 28°.8 à la station inférieure.

3° L'amplitude diurne pour ces 27 mois est 4°.5 à la station de montagne, 8°.8 à l'autre; ce dernier nombre est peu différent des 8°.5 qui sont la normale de vingt-cinq ans. A Maurice cette normale est 9°.3.

Ceci confirme la loi connue que le calorique absorbé par le sol diminue rapidement avec l'altitude.

4° La température moyenne fut 8°.5 à 2,630 mètres 17°.9 à 1,381 mètres, d'où un gradient vertical de 1° par 134 mètres. Saussure avait au Mont Blanc 1° par 150 mètres. Nous savons par ailleurs que le gradient entre Tananarive et le rivage de l'Océan Indien est très différent de cette valeur. Le Père Colin donne 1° par 245 mètres : nous ne saurions souscrire entièrement à cette estimation, nos propres calculs ayant montré que ce gradient se prête peu à des calculs de moyennes. Il varie entre 1° par 145 mètres et par 212 mètres le matin à 6 heures, entre 1° par 162 et par 1,534 mètres à midi, entre 1° par 166 et 307 mètres à 18 heures.

Pendant les mois d'octobre et novembre les écarts sont fantastiques. Le chiffre donné par le Père Colin, et qu'il aimait à rapprocher des 1° par 243 mètres trouvés par Humboldt dans les Andes serait une moyenne de comparaisons faites à midi pendant 10 mois sur 12. Dans les mêmes conditions on trouverait : 1° par 180 mètres le matin, 1° par 210 mètres à 18 heures. On pourrait conclure à l'impuissance de la méthode des moyennes pour traduire la complexité des phénomènes météorologiques. En réalité nous verrons plus loin que le décroissement de 1° par 217 mètres ou 0°.46 par 100 mètres s'applique assez bien à l'ensemble du plateau central de Madagascar.

§ 2. VARIATIONS A PLUS LONGUE PÉRIODE

Utilisant toujours les enregistrements continus de nos thermographes, nous présentons ici quelques résultats des deux stations Tananarive et Tsiafajavona, soit pour chaque mois de l'année, soit même pour l'observatoire pour chaque jour de l'année.

1° *Moyennes journalières de Tananarive.* — On trouvera groupées dans le tableau 15 les 365 moyennes diurnes de dix-huit années. Évidemment on aurait pu prolonger les statistiques de sept ou huit ans, et atténuer dans une certaine mesure les petites aspérités du graphique joint. Disposant de peu de loisirs nous avons estimé que les longues heures nécessaires pour de semblables relevés pourraient être consacrées à des recherches d'un intérêt plus visible. Le lecteur nous en excusera.

Reproduisons le commentaire du Père Colin sans y rien ajouter.

Dans ce tableau nous pouvons constater que la plus grande chaleur moyenne 20°.2 est notée non pas au moment du passage du soleil au zénith, mais le 4 janvier, pendant un des plus longs jours de l'année. La température reste à peu près constante en novembre et décembre : nous y voyons l'effet de l'influence du sol. Le calorique s'accumule dans l'argile : en novembre on trouve 19°.6 à 30 centimètres de profondeur, 20°.0 à 50 centimètres, 20°.1 à 1 mètre. Ces températures se relèvent en décembre et sont dans le même ordre d'inscription 20°.1, 20°.5, 20°.6.

TABLEAU 15. — **Températures moyennes quotidiennes à Tananarive.**

SAISON FRAICHE								SAISON CHAUDE							
Jours.	Avril.	Mai.	Juin.	Juill.	Août.	Sept.	Moyenne.	Jours.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars.	Moyenne.
1er	19°.2	16°.5	14°.3	13°.1	13°.3	14°.8	15°.2	1er	16°.9	18°.9	19°.7	19°.9	19°.9	19°.7	19°.1
2	19°.0	16°.6	14°.6	13°.1	13°.5	14°.9	15°.2	2	17°.3	18°.6	19°.7	19°.7	20°.1	20°.0	19°.2
3	18°.9	16°.9	14°.7	13°.1	13°.2	14°.7	15°.2	3	17°.8	18°.7	19°.6	19°.7	20°.0	20°.0	19°.3
4	18°.9	16°.7	14°.6	13°.3	12°.7	14°.5	15°.1	4	17°.7	18°.9	19°.7	20°.2	19°.9	19°.6	19°.3
5	18°.9	16°.2	14°.3	13°.5	13°.1	14°.6	15°.1	5	17°.2	19°.3	19°.8	19°.9	19°.9	19°.8	19°.3
6	18°.4	16°.0	14°.2	13°.2	13°.0	14°.5	14°.8	6	17°.2	19°.1	20°.1	19°.7	19°.9	19°.5	19°.2
7	18°.9	16°.1	13°.9	13°.0	13°.0	14°.8	14°.9	7	17°.5	19°.1	19°.6	19°.7	20°.1	19°.4	19°.2
8	19°.1	16°.8	13°.5	13°.0	12°.7	14°.7	14°.8	8	18°.2	19°.2	19°.5	19°.8	20°.0	19°.6	19°.3
9	18°.9	16°.5	13°.6	12°.9	12°.7	14°.8	14°.9	9	18°.0	19°.4	19°.3	19°.9	19°.7	19°.0	19°.3
10	18°.5	16°.8	13°.9	13°.4	13°.0	15°.5	15°.1	10	17°.8	19°.6	19°.6	20°.1	19°.7	19°.7	19°.4
11	18°.8	16°.5	13°.6	13°.4	13°.2	15°.7	15°.2	11	18°.3	19°.7	19°.4	20°.0	19°.9	19°.8	19°.5
12	18°.5	16°.3	13°.6	13°.0	13°.3	15°.7	15°.0	12	18°.5	19°.7	19°.1	19°.7	19°.7	19°.7	19°.4
13	18°.8	16°.8	13°.4	12°.7	13°.3	15°.7	15°.1	13	18°.2	19°.3	19°.0	19°.5	19°.6	19°.6	19°.2
14	18°.7	16°.2	13°.2	12°.8	13°.8	15°.6	15°.0	14	18°.3	19°.0	19°.4	19°.7	19°.4	19°.7	19°.2
15	18°.6	15°.8	13°.2	12°.8	14°.2	16°.5	15°.0	15	17°.8	19°.2	19°.4	20°.0	19°.4	19°.8	19°.2
16	17°.9	15°.9	13°.1	13°.2	14°.0	16°.3	15°.0	16	17°.7	19°.3	18°.9	19°.8	19°.8	19°.4	19°.1
17	18°.3	15°.6	13°.2	13°.5	13°.8	15°.7	15°.0	17	17°.4	19°.5	19°.4	19°.7	20°.0	19°.1	19°.1
18	18°.2	15°.8	13°.1	13°.5	14°.0	15°.4	15°.0	18	17°.3	19°.9	19°.5	19°.7	20°.1	18°.8	19°.2
19	18°.3	15°.9	13°.0	13°.7	13°.9	15°.3	15°.0	19	18°.1	19°.6	19°.0	19°.7	19°.8	19°.2	19°.2
20	18°.3	15°.7	12°.4	13°.7	14°.2	15°.1	14°.9	20	18°.5	19°.9	19°.3	19°.8	19°.8	19°.2	19°.4
21	18°.4	15°.5	12°.6	12°.9	14°.2	15°.6	14°.8	21	18°.5	19°.7	19°.6	19°.6	19°.6	19°.4	19°.4
22	18°.4	15°.4	12°.8	12°.9	14°.1	15°.9	14°.9	22	18°.5	19°.9	19°.8	19°.8	19°.4	19°.2	19°.4
23	18°.5	15°.1	13°.0	13°.1	13°.5	15°.6	14°.8	23	18°.4	19°.6	19°.6	19°.6	19°.9	19°.2	19°.3
24	18°.3	15°.2	13°.3	12°.9	13°.6	16°.2	14°.9	24	18°.7	19°.4	19°.6	19°.8	19°.7	19°.5	19°.4
25	17°.9	15°.4	13°.5	12°.4	13°.7	16°.8	14°.9	25	18°.5	19°.3	19°.5	19°.7	19°.6	19°.0	19°.2
26	17°.9	15°.5	13°.7	12°.7	14°.4	17°.0	15°.2	26	18°.2	19°.2	19°.7	20°.1	20°.0	19°.1	19°.3
27	17°.3	15°.7	13°.6	12°.9	14°.8	17°.0	15°.2	27	18°.8	19°.5	19°.7	19°.8	20°.1	18°.9	19°.4
28	16°.8	15°.5	13°.6	13°.4	14°.8	16°.9	15°.1	28	18°.7	19°.5	19°.6	19°.6	19°.8	19°.3	19°.4
29	16°.7	15°.1	13°.3	13°.0	14°.6	16°.6	14°.8	29	18°.2	19°.6	20°.0	19°.8		19°.2	19°.3
30	16°.6	14°.8	13°.1	12°.8	14°.4	16°.5	14°.7	30	18°.4	19°.7	20°.0	19°.9		19°.1	19°.4
31		14°.7		13°.0	14°.3		14°.0	31	18°.9		19°.5	20°.0		19°.2	19°.4

Le maximum a lieu à date sensiblement fixe 5 janvier 1891, 10 janvier 1892, 7 janvier 1893. A partir de cette époque les géothermomètres ne cessent de baisser pendant six mois.

Le minimum annuel de la température de l'air 12°.4 s'observe deux fois, les 20 juin et 25 juillet; c'est l'époque du solstice très exactement dans le premier cas. On peut y trouver un indice de la grande régularité thermique de ce climat, notre plateau étant pratiquement soustrait à l'action retardatrice de la mer, si perceptible à Maurice où les minima et maxima sont plus tardifs qu'à Tananarive (18 au 21 janvier, 22 juillet). Les dates de fin juillet sont à rapprocher de celles observées en Europe pour le réchauffement maximum.

Le graphique, avons-nous dit, présente de multiples sinuosités, car il ne traduit que des moyennes de dix-huit années.

Le Père Colin croyait voir cependant un certain caractère de périodicité dans quelques-uns de ces crochets, par exemple les baisses du 23 avril au 1er mai, du 27 mai au 1er juin, du 10 au 20 juin, la hausse du 20 au 26 juin. Il notait que le recul progressif des aires anticycloniques du mois de juillet à celui de septembre, amenait une augmentation lente de la température, sans ces multiples ressauts que l'on voit au cours du mouvement inverse d'avril à juin. La baisse du 14 au 18 octobre lui paraissait caractériser la fin de la saison fraîche, et la hausse rapide de la dernière période du mois marquait le début des orages; parfois, notamment en 1903, 1907, 1910, c'est à ce moment que l'on voit surgir les maxima absolus de température.

2° *Comparaisons des moyennes mensuelles de l'Imerina et de l'Ankaratra.* — Le Père Colin présente en deux tableaux et deux graphiques les enregistrements mensuels de l'Observatoire et du Tsiafajavona. On peut voir que la marche des deux instruments n'est pas complètement parallèle.

Tableau 16. — **Températures sur le plateau et la montagne.**

	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPT.	MOYENNE
			SAISON FRAICHE				
Tsiafajavona 1914. . .	9.5	7.9	5.0	4.9	3.6	6.3	6.2
1915. . .	9.8	8.1	4.1	5.1	4.6	5.9	6.2
MOYENNE.	9.6	8.0	4.5	5.0	4.1	6.1	6.2
Tananarive 1914. . .	18.8	16.4	14.9	13.3	14.6	16.2	15.7
1915. . .	19.4	16.8	14.1	14.0	13.4	16.8	15.7
MOYENNE.	19.1	16.6	14.5	13.6	14.0	16.5	15.7
			SAISON CHAUDE				
	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE	JANVIER	FÉVRIER	MARS	MOYENNE
Tsiafajavona 1914. . .				11.9	11.6	10.0	11.2
1914-1915.	9.3	10.2	10.7	12.3	12.5	12.5	11.2
1915-1916.	10.4	10.5	10.4	11.9	11.4	11.1	10.9
MOYENNE.	9.8	10.3	10.5	12.0	11.8	11.2	11.1
Tananarive 1914. . .				19.7	20.6	20.0	20.1
1914-1915.	18.3	19.2	20.6	20.2	20.5	20.1	19.8
1915-1916.	19.4	19.7	20.0	20.0	19.7	20.0	19.8
MOYENNE.	18.8	19.4	20.3	20.0	20.3	20.0	19.9

En saison froide le minimum a lieu à Tananarive en juillet 1914, un mois plus tôt que sur la montagne. Au contraire en 1915 le Tsiafajavona est en avance de deux mois (juin au lieu d'août). Pendant le mois de juillet 1914 il semble exister une faible inversion de température au

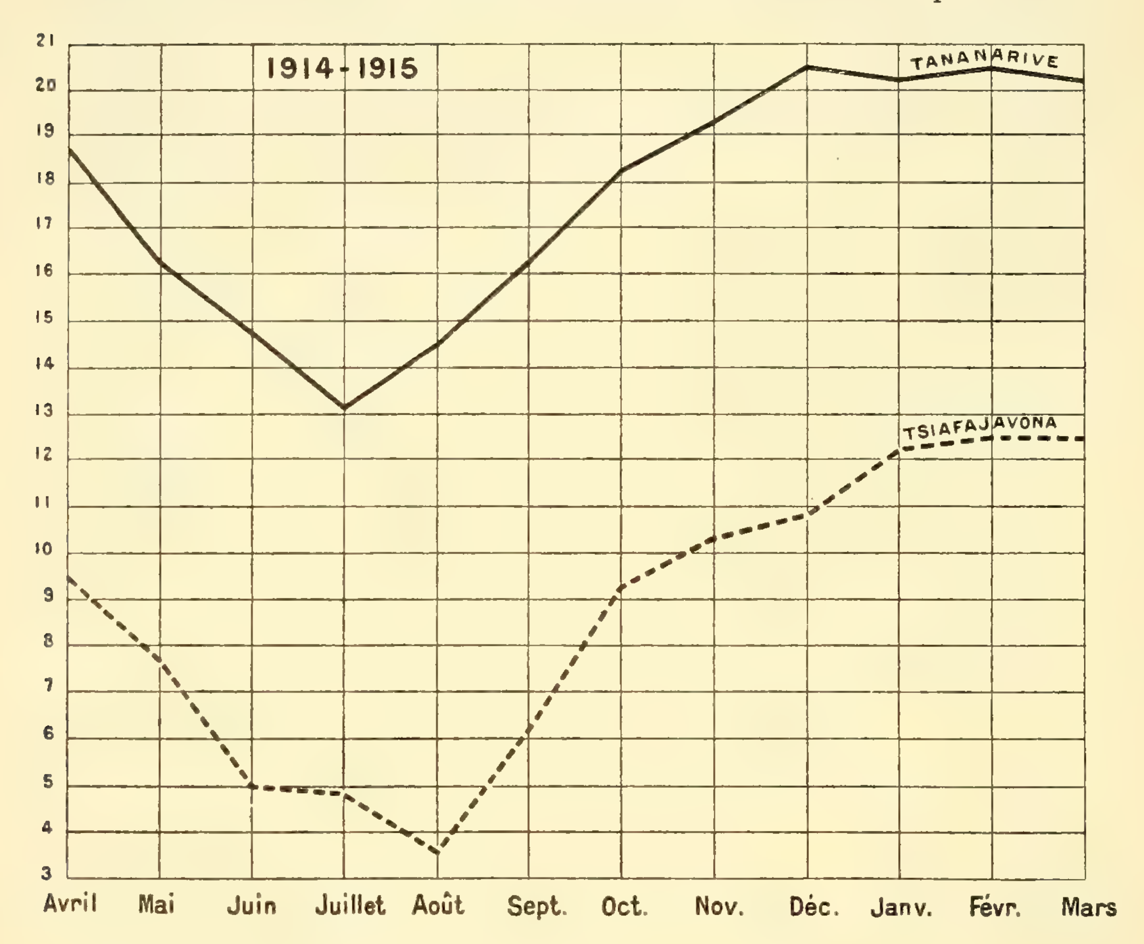


Fig. 25. — Températures moyennes à Tananarive et sur le Tsiafajavona. Année 1914-1915.

sommet de la montagne. En cette saison l'anticyclone règne sur Madagascar; les crêtes de l'Ankaratra nous sont fréquemment cachées par un capuchon de nuages où le genre stratus prédomine. La présence de cette enveloppe suffit à expliquer que le rayonnement diminue sur la montagne, qui est au contact immédiat de la couche. D'où une égalité de température qu'on ne retrouvera pas aussi nette 1,200 mètres plus bas. Dès le mois d'août 1914, avec le recul des hautes pressions, le sommet

se dégage, le rayonnement augmente, la température moyenne baisse. Le fait qu'en 1915 le minimum de température moyenne retarda à Tananarive jusqu'en août, est assez rare.

En vingt-cinq ans on note ce minimum 3 fois en juin, 4 fois en août,

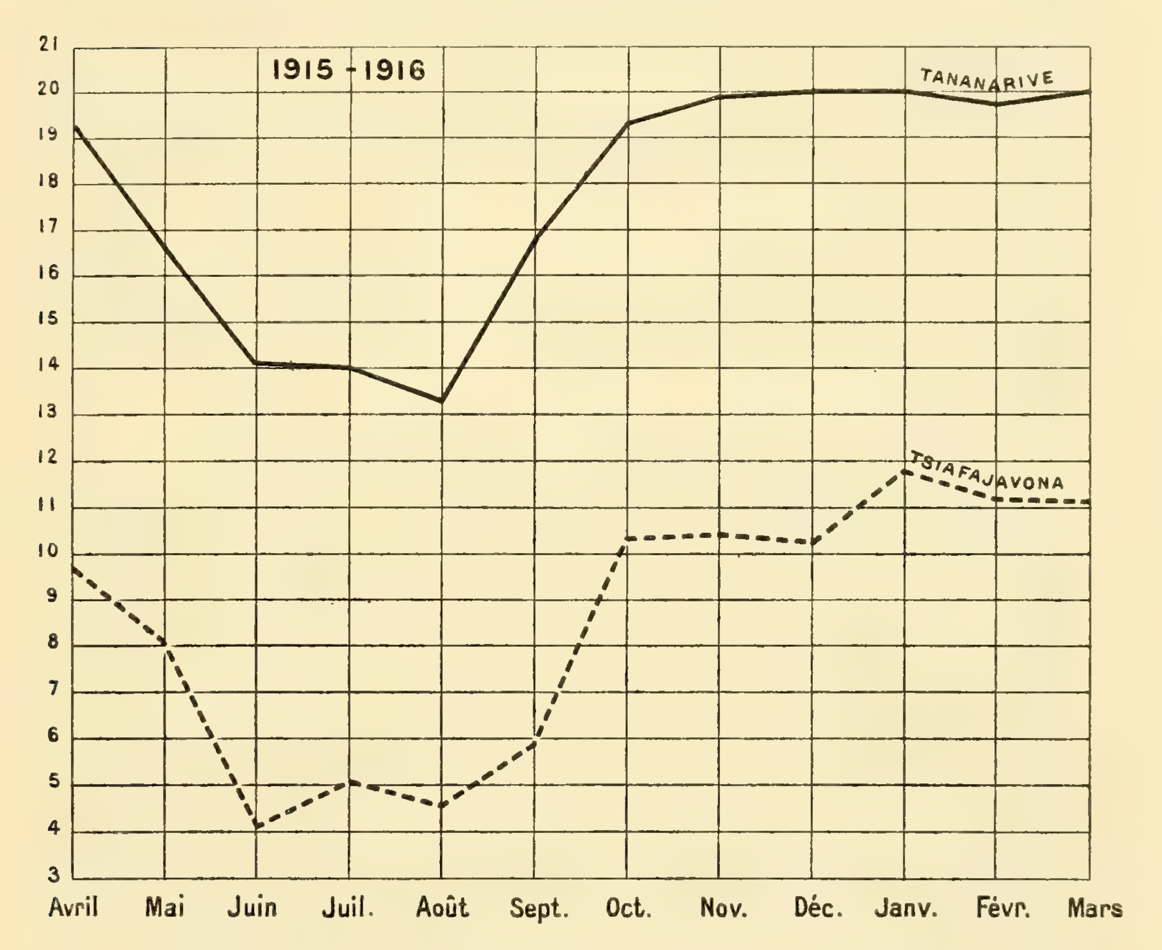


Fig. 26. — Températures mensuelles à Tananarive et sur le Tsiafajavona. Année 1915-1916.

18 fois en juillet. C'est surtout du côté de la nébulosité qu'on peut chercher les causes de variations d'intensité du rayonnement entre les deux stations.

En saison chaude un détail notable mérite un instant d'examen. C'est l'allure des deux courbes en décembre et en janvier. Décembre 1914 fut exceptionnellement clair et sec : longue durée d'insolation, nébulosité très faible, sécheresse extraordinaire, 75 millimètres de pluie alors

que la normale est 289 millimètres; d'où un rayonnement intense et des amplitudes diurnes fortes.

En janvier la montagne est nuit et jour enveloppée de nuages; ce sommet composé de basaltes noirâtres et de néphélinites, absorbe vite la chaleur, nous l'avons dit en parlant de la variation diurne. A cette époque les orages nous viennent de l'Ankaratra : le ciel est pur à Tananarive au début de la matinée et le rayonnement nocturne plus fort que sur la montagne. Il est naturel que l'on doive dans ce cas s'attendre à une inversion.

On ne donnera aucune conclusion : il n'y a ici que des cas d'espèce, à traiter séparément. Peut-être des séries d'observations plus longues eussent-elles conduit à un régime net : ces longues séries nous font défaut.

§ 3. VARIATIONS DE LA TEMPÉRATURE DU SOL

Nous mesurons la température de l'air à 1 m. 50. De ce que nous avons répété, après bien d'autres, sur la manière dont s'effectue l'opération thermique, absorption et rayonnement par la terre d'abord, contre-coup sur l'air ensuite, on peut déduire que cette continuelle intervention du sol mérite d'être étudiée.

Les résultats différeront d'une station à l'autre, car la perméabilité à la chaleur est loin d'être identique dans les divers terrains. De semblables recherches ont un intérêt spécial pour l'agriculture; elles n'ont pas manqué d'attirer l'attention des agents chargés des Jardins d'Essai à Madagascar, soit à Tananarive, soit sur la côte, ou dans la basse vallée de la Betsiboka.

Malheureusement nous avons sur ces expériences trop peu de renseignements pour en faire état ici.

Faute de mieux, on se contentera de résumer les lectures faites à l'Observatoire de Tananarive entre 1890 et 1895. Lors de la reconstruction de cet établissement après la conquête, le soin de ces observations fut laissé au Service de l'Agriculture de la colonie, et les instruments ne furent pas remis en place à Ambohidempona.

Quatre géothermomètres avaient été disposés aux profondeurs respectives de 0 m. 30, 0 m. 50 et 2 mètres. Voici les remarques du Père Colin, accompagnant tableaux et graphiques.

1° La température moyenne annuelle du sol à 30 centimètres de profondeur est 18°.1; ce chiffre légèrement inférieur à la moyenne de l'air sous abri, 18°.5, montre l'action du rayonnement, de l'humidité et de l'évaporation.

Déjà à 40 centimètres de profondeur on retrouverait la température observée dans l'air, et à 50 centimètres on note 1°.2 de plus que dans l'atmosphère.

Il y a encore augmentation entre le niveau de 50 centimètres et celui de 1 mètre au-dessous de la surface, mais cette élévation n'atteint plus que 0°.3. Ici il convient de séparer l'action des deux saisons principales. Il y a refroidissement plus grand d'avril à novembre, en saison fraîche, où le soleil agit moins énergiquement, et la perte par rayonnement est plus appréciable; au contraire de décembre à mars les rayons solaires font monter plus vite la température de la couche superficielle que celle du géothermomètre inférieur.

Entre 1 et 2 mètres l'augmentation serait d'environ 0°.9, c'est-à-dire à peu près un dixième de degré par 10 centimètres. La couche à température invariable se trouve beaucoup plus bas en profondeur; mais déjà ici le sol conserve mieux le calorique absorbé et l'amplitude des variations est plus faible.

2° Le maximum thermique a lieu en janvier pour l'air, en février pour la couche allant jusqu'à un mètre, en mars seulement pour le niveau de 2 mètres. Donc propagation lente.

Par contre le minimum serait pour tous les thermomètres en juillet.

Le Père Colin utilise les variations de l'actinomètre à boule noire, le plus sensible à l'action directe du rayonnement solaire, pour examiner avec quelle vitesse se propage la chaleur aux profondeurs explorées par les thermomètres.

Il trouve ainsi que le rayonnement met de 0 à 2 jours à se faire sentir

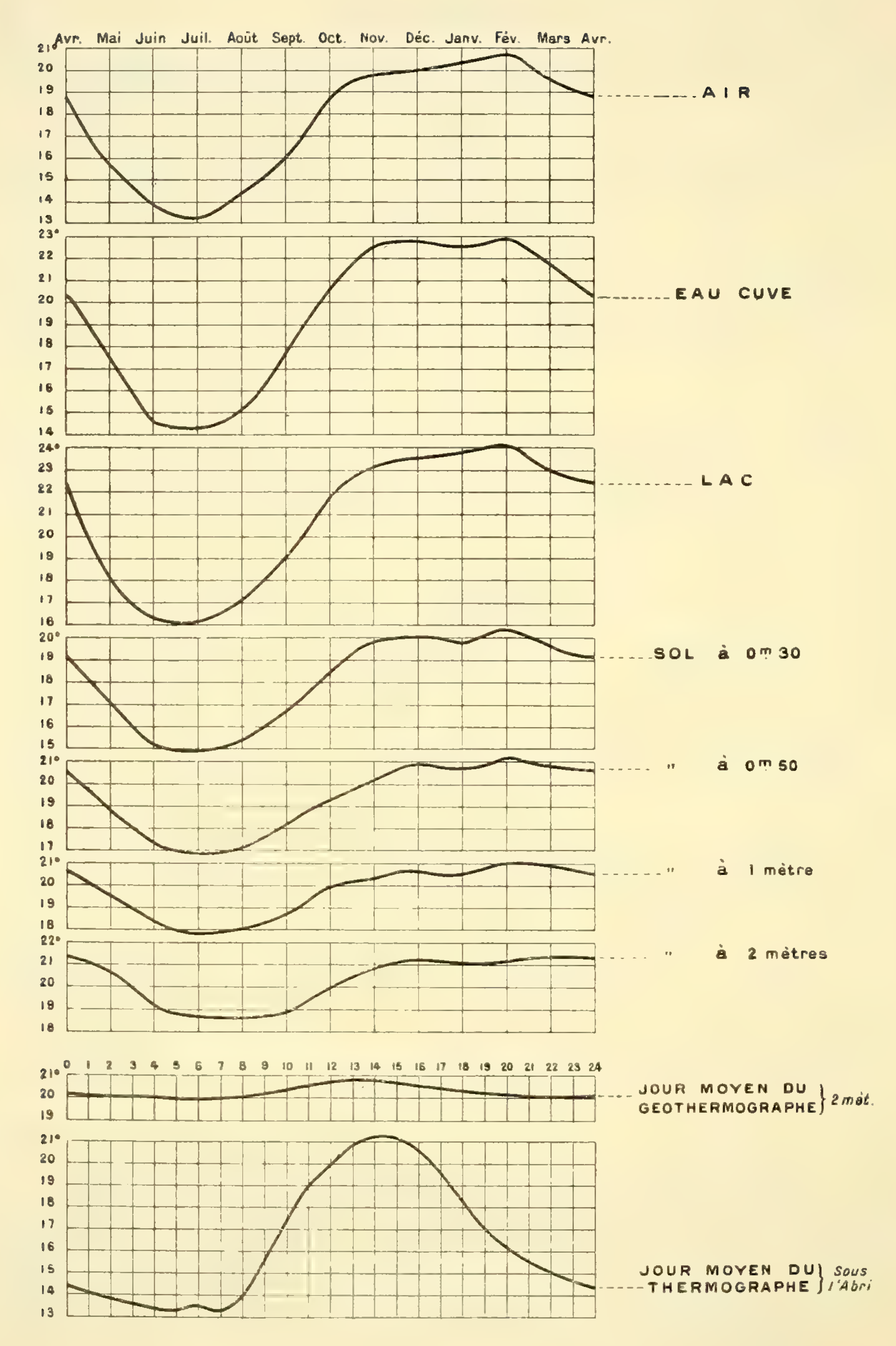


Fig. 27. — Marche comparative des températures de l'air, de l'eau et du sol.

Tableau 17. — **Température du sol.**

	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	JANV.	FÉV.	MARS	MOYENNE
Profondeur 0 m. 30 . . .	19.3	17.2	15.2	14.9	15.5	16.8	18.5	19.8	20.1	19.8	20.5	19.6	18.1
Profondeur 0 m. 50 . . .	20.6	19.0	17.4	16.8	17.1	18.1	19.4	20.2	20.8	20.7	21.2	20.9	19.3
1 m.	20.7	19.6	18.5	17.8	18.0	18.8	19.9	20.4	20.7	20.5	21.0	20.9	19.7
2 m.	21.4	20.5	19.2	18.6	18.5	18.8	20.0	20.8	21.3	21.1	21.2	21.5	20.6
Enregistreur 2 m.. . . .	21.4	20.8	19.3	18.0	18.4	18.7	19.9	20.5	21.2	21.1	21.2	21.4	20.1

Tableau 18. — **Propagation de la chaleur en profondeur.**

ANNÉE	PROFONDEUR	MAX. AU SOL	DATE	MAX. DE L'AIR	DATE	VITESSE DE TRANSMISSION	MIN. AU SOL	DATE	MIN. DE L'AIR	DATE	VITESSE DE TRANSMISSION
1890	0 m. 30	22°.0	16 février	41°.7	15 février	1 jour	14°.0	25 juillet	27°.4	25 juillet	0 jour
	0 m. 50	22°.2	9 avril	45°.2	8 avril	1 —	16°.0	12 août	21°.3	7 août	5 —
	1 m.	21°.3	18 décembre	39°.8	15 décembre	3 —	16°.8	11 août	21°.3	7 août	4 —
1891	0 m. 30	23°.2	5 avril	38°.6	4 avril	1 —	11°.8	2 août	26°.7	2 août	0 —
	0 m. 50	22°.4	28 février	45°.6	24 février	4 —	15°.5	4 août	20°.7	4 août	0 —
	1 m.	22°.1	7 février	45°.3	3 février	4 —	16°.6	11 août	23°.2	8 août	3 —
1892	0 m. 30	22°.8	21 février	45°.4	21 février	0 —	10°.7	26 juillet	18°.3	25 juillet	1 —
	0 m. 50	22°.7	4 décembre	45°.4	2 décembre	2 —	15°.3	27 juillet	18°.3	25 juillet	2 —
	1 m.	22°.7	3 décembre	45°.4	2 décembre	1 —	15°.6	26 juillet	18°.3	25 juillet	1 —
1893	2 m.	22°.4	27-28 avril	40°.5	26 avril	1-2 —	18°.1	26 juillet	18°.3	25 juillet	1 —
	0 m. 30	23°.6	8 décembre	41°.6	6 décembre	2 —	12°.5	24 juillet	18°.1	22 juillet	2 —
	0 m. 50	22°.8	8-9 déc.	41°.6	6 décembre	2-3 —	13°.7	7 août	20°.4	5 août	2 —
	1 m.	22°.6	9 décembre	41°.6	6 décembre	3 —	16°.9	24 juillet	18°.1	22 juillet	2 —
	2 m.	22°.0	31 mars	40°.5	29 mars	2 —	16°.9	28 août	24°.4	23 août	5 —
1894	0 m. 30	22°.1	9 nov.	43°.1	8 nov.	1 —	13°.6	22 juillet	22°.5	22 juillet	0 —
	0 m. 50	22°.4	24 nov.	43°.4	20 nov.	4 —	15°.4	22 juillet	22°.5	22 juillet	0 —
	1 m.	22°.1	25 décembre	43°.4	20 nov.	5 —	17°.3	1er juill.	20°.7	1er juill.	0 —
	2 m.	21°.9	21 mars	40°.3	19 mars	2 —	18°.1	23 juillet	22°.5	22 juillet	1 —
1895	0 m. 30	21°.1	22 janvier	43°.2	21 janvier	1 —	13°.8	21 juin	22°.4	19 juin	2 —
	0 m. 50	21°.5	22 janvier	43°.2	21 janvier	1 —	14°.4	11 juin	20°.6	11 juin	0 —
	1 m.	21°.7	2 avril	37°.5	2 avril	0 —	18°.3	1er juill.	20°.7	1er juill.	0 —
	2 m.	22°.0	2 avril	37°.5	2 avril	0 —	17°.5	27 août	17°.5	26 août	1 —

Les maxima et minima dans l'air sont ceux de l'actinographe à boule noircie.

Tableau 19. — **Jour moyen du géothermographe (profondeur 2 m.) et du thermographe sous abri pendant les années 1892 à 1895.**

	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h
Géothermographe .	20.1	20.1	20.0	20.0	20.0	19.9	19.9	20.0	20.1	20.3	20.4	20.6
Thermographe. . .	14.4	14.1	13.8	13.6	13.4	13.2	13.5	13.3	14.1	15.0	17.4	19.0

	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
Géothermographe .	20.6	20.7	20.7	20.6	20.5	20.4	20.3	20.2	20.2	20.1	20.1	20.1
Thermographe. . .	20.0	20.9	21.2	21.1	20.6	19.6	18.2	17.0	16.2	15.7	15.1	14.7

à 30 centimètres de la surface, 0 à 4 jours à 50 centimètres, 1 à 5 jours à 1 et 2 mètres.

Une comparaison entre le jour moyen du thermographe et du géothermographe pendant les quatre mêmes années lui fait dire que le minimum diurne a lieu à 5 heures pour l'air, de 5 à 6 heures à 2 mètres de profondeur; le maximum est dans le sol entre 13 et 14 heures et dans l'air à 14 heures; la différence des deux maxima n'est que $0^o.5$; elle atteint $6^o.7$ pour les deux minima; c'est à 16 heures que les deux températures sont égales.

§ 4. — VARIATIONS DE TEMPÉRATURE DANS LES EAUX DE SURFACE

On sait que les eaux de la mer sont lentes à emmagasiner et à rayonner la chaleur reçue; nous en verrons l'action en parlant des villes du littoral malgache. Ayant dit quelques mots de l'influence du sol, il est bon de jeter un coup d'œil sur celles que peuvent exercer les multiples eaux de surface, rizières, cours d'eaux, lacs si nombreux en ce pays.

Dans ce but on a procédé pendant deux années à des lectures biquotidiennes (à 7 h. et à 18 h.) d'un thermomètre immergé de 10 centimètres dans les eaux du lac d'Ambohipo, qui baignent les derniers contreforts des collines de l'Observatoire. Le niveau moyen du lac est à 1,250 mètres d'altitude environ. Puis pendant cinq ans on notait les lectures d'un thermomètre plongé dans une cuve de 1 mètre carré, servant aussi aux recherches sur l'évaporation à l'Observatoire (altitude 1,381).

Tableau 20. — **Température de l'eau du lac d'Ambohipo et d'une cuve.**

	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	JANV.	FÉV.	MARS	MOYENNE
Lac d'Ambohipo . . .	22.5	18.2	16.4	16.1	17.1	18.9	21.7	23.1	23.6	23.8	24.1	23.0	20.5
Cuve d'évaporation . .	20.4	17.4	14.6	14.3	15.2	17.5	20.6	22.5	22.9	22.6	22.9	21.7	19.3
Air sous l'abri	18.8	15.7	13.8	13.2	14.4	15.9	18.6	19.8	20.0	20.4	20.7	19.6	17.5

Les maxima et minima de température ont lieu au même mois. Pour le lac d'Ambohipo on note le 23 décembre 1891 le maximum absolu de

30°.5 à 18 heures; l'eau de l'évaporomètre était la veille à 36°.5; c'est baucoup plus que le thermomètre sous abri, qui marque seulement 26°.6 à 16 heures. Pour le minimum absolu 13° lu sur l'instrument du lac les 13 et 19 juin 1890 à 7 heures, le thermographe de l'Observatoire notait 5°.1 le 13 et 5°.7 le 16 à 5 heures; le 12 on avait 7° dans la cuve de l'évaporomètre. On remarque un fait assez curieux à la fin de la saison des pluies; d'avril à mai, la température du lac baisse de 4°.3, alors que celle de l'air descend seulement de 3°.1. Ce phénomène paraît tenir précisément à cet arrêt des pluies; on conçoit en effet que l'eau pluviale, ruisselant sur le sol échauffé par le soleil, et venant ensuite alimenter le lac, lui apporte un certain calorique. La pluie cesse de tomber en avril, le lac ne reçoit plus qu'un appoint insignifiant d'eaux chaudes. L'évaporation à la surface est assez active, le niveau baisse et n'est plus entretenu que par les sources intérieures ou par l'afflux de la rivière voisine qui prend naissance à 1,625 mètres d'altitude.

Il y a donc entre saison froide et saison de pluie une autre différence que celle qui tient à la température de l'air l'ambiant; c'est l'arrivée dans le lac d'eaux relativement chaudes au temps des pluies, plus froides par leur origine au temps sec d'hiver.

La température moyenne de la couche de surface du lac est 20°.5, coïncidant sensiblement avec celle du géothermomètre enfoncé à 2 mètres dans le sol, et supérieure de 3° à celle de l'air.

Pendant les mois froids de juillet, août, aux premières heures de la journée en air calme, la différence de température entre le lac et l'air atteint parfois 8 degrés. On voit alors des masses de vapeur monter des rizières, des étangs ou des canaux, s'élever à plus de 100 mètres, et se balancer en vagues molles. Seuls émergent les sommets ensoleillés des collines, comme des îlots dans une mer de nuages. Les grandes ombres projetées par les objets, celle des spectateurs, s'enveloppent d'un halo irisé, qui fait songer au spectre du Brocken.

CHAPITRE VIII

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES TEMPÉRATURES

Nous abandonnons ici quelque peu le manuscrit du Père Colin. Pour étudier de plus près la climatologie malgache, si peu connue jusqu'ici, on a cru devoir reprendre entièrement les statistiques mensuelles, aussi bien pour les précipitations et l'humidité relative que pour la température. Portant sur des périodes trop réduites, ayant dû, par suite de nombreuses lacunes, faire abstraction des maxima et minima quotidiens, ces moyennes ne présentaient pas toutes les garanties de sécurité. En fait nous n'avons conservé pour les températures que quatre résultats du Père Colin : ceux d'Antalaha, Maintirano, Ihosy et Fianarantsoa pour lesquels le calcul d'une moyenne par la demi-somme des maxima et minima n'était pas correct ou même pas possible. Nous nous écartons également de notre auteur en ce qui concerne les coefficients de réduction des températures au niveau commun de la mer, une minutieuse recherche, publiée d'ailleurs dans la *Revue des Questions scientifiques de Bruxelles* nous ayant permis de serrer cette question de plus près.

Il nous paraît plus avantageux de présenter les résultats d'ensemble sous la forme de deux graphiques distincts.

On connaît la topographie tourmentée de l'île : les isothermes n'ayant jamais fait l'objet d'une délimitation précise, nous tâcherons d'abord de donner la répartition réelle des températures, dans la limite où le permettra la faible densité de notre réseau d'observation. Ensuite, on donnera le tracé des isothermes réduites au niveau de la mer. Cette deuxième partie de notre étude est également inédite. Elle montrera aux météorologistes qui dressent des cartes d'ensemble où figure Madagascar, que notre île constitue un centre thermique trop peu connu jusqu'ici. En même temps nous y lirons la cause des grandes différences climatologiques entre les régions Est et Ouest de notre colonie, et, par cette

statistique, nous rejoindrons les conclusions que de patientes explorations botaniques avaient déjà suggérées à M. Perrier de la Bâthie.

§ 1. TEMPÉRATURES MOYENNES

Nous prenons comme température moyenne d'un mois la demi-somme des moyennes des maxima et minima. Pour la plupart des stations qui datent de 1901, ces moyennes portent sur quinze à vingt-deux années; quelques-unes n'offrent guère de relevés de maxima et minima que pendant dix ans; enfin à titre de renseignements pour des parties moins bien connues de l'île, on a retenu des séries plus brèves à Maroantsetra (huit ans), Ambovombé (six ans), Marovoay (cinq ans), Tsivory (2 ans) seulement, mais dans un emplacement particulièrement instructif.

TABLEAU 21. — **Températures des stations météorologiques de Madagascar et des côtes voisines.**

STATIONS	NOV.	DÉC.	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	SAISON CHAUDE	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	SAISON FRAICHE	ANNÉE
Diégo Suarez.	26.6	26.9	27.1	26.7	27.2	27.0	26.9	26.4	25.3	24.5	24.5	24.7	25.5	25.5	26.0
Vohémar . .	25.6	25.9	25.4	25.8	25.7	24.7	25.5	24.0	22.0	21.9	21.9	23.1	24.6	23.1	24.3
Antalaha . .	25.8	26.7	27.4	27.5	27.5	26.5	26.9	25.4	23.7	22.7	22.5	23.4	24.6	23.7	25.3
Maroantsetra.	24.3	25.4	26.3	26.6	25.1	24.2	25.6	22.9	25.1	20.3	20.7	21.4	23.0	21.6	23.6
Soanierana .	24.7	25.5	25.9	26.0	26.0	24.7	25.5	23.4	22.0	20.5	20.3	21.3	23.0	21.8	23.6
Tamatave. .	24.7	25.7	26.6	26.7	26.4	25.0	25.8	23.1	21.5	20.7	20.9	22.4	23.2	21.9	23.9
Vatomandry.	24.7	25.6	26.3	26.3	25.6	24.6	25.5	22.9	21.2	20.4	20.6	21.7	23.1	21.6	23.6
Mananjary. .	24.4	26.0	26.5	26.5	26.2	24.7	25.7	23.3	21.2	20.2	20.6	21.6	23.0	21.6	23.7
Farafangana.	25.4	26.0	26.7	26.7	26.1	24.8	25.9	22.3	20.6	20.4	21.0	22.1	24.0	21.7	23.8
Fort-Dauphin.	23.9	25.3	25.9	25.7	25.2	23.6	24.9	21.6	20.2	19.5	19.9	20.8	22.0	20.7	22.8
Tulear . . .	25.7	27.0	27.7	26.8	26.2	24.7	26.3	22.5	21.6	20.8	20.5	22.3	24.1	21.9	24.1
Morondava .	26.8	27.5	27.5	27.7	27.1	25.8	27.1	23.0	21.3	21.5	21.7	23.4	25.8	22.8	25.0
Maintirano. .	27.5	27.9	28.0	27.5	27.7	26.4	27.5	24.2	23.2	22.1	22.9	24.5	26.0	23.8	25.7
Majunga. . .	28.0	27.9	27.7	27.4	27.9	28.6	27.9	26.7	24.3	24.2	24.5	25.8	26.9	25.4	26.6
Analalava. .	27.4	27.7	27.7	26.9	27.7	27.8	27.5	27.6	26.0	25.6	25.9	26.1	27.5	26.4	27.0
Nosy-Bé. . .	26.5	26.8	26.4	26.6	26.6	26.1	26.5	25.3	24.4	23.8	23.8	24.6	24.8	24.6	25.6
Mandritsara.	23.8	24.3	24.4	24.8	24.5	23.2	24.2	21.7	20.2	19.2	18.6	21.2	22.3	20.5	22.4
Maevatanana.	30.0	29.4	28.7	28.0	28.4	28.3	28.8	27.0	24.5	25.5	25.7	27.4	29.1	26.5	27.7
Marovoay . .	29.2	28.0	28.0	27.8	28.2	27.0	28.0	25.7	24.5	23.9	24.6	26.1	28.0	25.4	26.7
Tananarive .	20.7	20.8	21.0	20.9	20.7	19.2	20.5	17.2	15.0	14.3	14.9	17.0	19.4	16.3	18.4
Antsirabé . .	18.6	19.0	19.2	19.1	18.7	17.6	18.7	15.0	12.7	12.2	13.1	15.3	17.8	14.3	16.5
Fianarantsoa	21.2	21.0	21.8	21.3	20.6	19.3	20.9	17.2	14.8	13.9	15.4	17.2	18.6	15.9	18.4
Ihosy. . . .	24.4	24.1	24.3	24.2	32.4	21.9	23.7	19.5	18.4	18.0	18.7	20.8	23.2	19.7	21.7
Betroka. . .	24.9	25.8	25.1	24.9	24.2	22.3	24.5	19.4	17.5	17.4	18.8	21.7	23.2	19.7	22.1
Ankazobé. .	20.0	19.6	20.4	19.8	20.2	19.2	19.9	18.0	15.2	15.0	15.9	17.1	18.4	16.6	18.3
Ambositra. .	20.4	20.5	20.5	20.9	20.4	18.4	20.2	17.6	14.6	13.7	13.9	15.6	18.9	15.7	17.9
Tsivory . . .	26.9	27.6	28.0	27.5	27.9	25.4	27.2	24.5	21.5	18.1	21.9	21.2	25.8	22.1	24.7
Ambovombé.	24.4	26.1	25.9	25.3	24.0	23.2	24.8	20.5	29.9	18.4	18.1	19.8	22.9	19.8	22.3
Maurice. . .	24.0	25.6	26.2	25.5	25.2	24.1	25.1	22.3	20.4	19.7	20.0	20.9	22.3	20.9	23.0
Lourenço-Marquès. .	23.1	24.7	25.4	25.2	24.2	22.9	24.2	20.4	18.2	18.1	18.9	20.5	21.9	19.7	21.9
Beira. . . .	25.6	26.6	27.6	27.2	26.0	24.9	26.3	22.6	20.7	20.2	21.0	23.0	24.8	22.0	24.1
Mozambique.	26.4	27.2	27.6	27.3	27.0	26.6	27.0	24.2	23.1	22.4	22.6	24.0	25.1	23.6	25.3

Nous serons amenés à montrer que la disposition géographique de la région faîtière, véritable épine dorsale de l'île, donne la clé de la répartition des climats. Il n'est donc pas inutile de rappeler en quelques mots cette disposition. Madagascar s'allonge sur 1,500 kilomètres environ du Sud-Ouest au Nord-Est. Tout son littoral oriental est exposé au souffle humide et rafraîchissant de l'alizé. Parallèlement au rivage, et à une distance de 30 à 100 kilomètres, le sol se relève assez brusquement pour atteindre la cote 800. C'est à ce niveau que les savantes recherches de M. H. de la Bâthie l'on conduit à placer un premier changement notable de la végétation. Jusque-là nous aurons le climat de la côte orientale. Une réserve s'impose à notre loyauté en ce qui touche aux températures et aux pluies : toutes nos stations météorologiques sont dans les villes du littoral. Les statistiques montrent que leur température est constamment modérée par la double présence du vent et de la mer. Il est évident qu'à quelques kilomètres de la plage l'effet de la mer sera moins perceptible et que la végétation tropicale atténuera au niveau du sol le rafraîchissement dû au vent. La température moyenne de cette zone doit être plus élevée que celle du bord de l'eau.

Un ou deux postes météorologiques (Ivoloina, Beforona) conduiraient à chiffrer cette augmentation par 1° au moins, peut-être 2. Il est donc bien entendu que donnant les résultats que nous possédons, nous ne les supposons pas exacts pour toute cette bande, plutôt trop faibles de 1 à 2°. De même quand plus loin nous parlerons des pluies, nous serons amenés à conjecturer que les précipitations sont plus importantes sur le versant Est du plateau, au moment où l'alizé est retardé dans sa course, que lorsqu'il arrose sans grand obstacle les ports et les lagunes, Beforona aurait 0 m. 50 de pluie de plus que Tamatave d'après des relevés de courte durée : il n'est nullement invraisemblable de penser que la pluie orographique constitue une large part de cet excès et devrait donc se retrouver à des degrés divers tout le long des pentes au Nord et au Sud.

La masse du plateau central serait assez bien représentée par deux

bandes ou gradins superposés, le premier haut de 800 mètres, le second de 1,200. Assez étroits et tourmentés au Nord où ils se terminent par le point culminant du massif du Tsaratanana (2,880 m.) et au Sud, où ils finissent en pointe sur Fort-Dauphin, ces degrés auraient leur largeur maxima à la latitude de Tamatave, pour se rétrécir brusquement vers le Nord, graduellement vers le Sud.

Nous parlerons tout à l'heure de l'important centre thermique qu'on observe dans le Boina, aux environs de Marovoay et de Maevatanana. Il est vraisemblable que ce foyer n'est pas restreint à ce petit domaine. On l'observe là parce que deux stations existent pour le mettre en évidence; d'autre part nous lui verrons un parent proche dans la région du Sud-Ouest, entre Tulear, Betroka et Tsivory. Les facteurs qui le produisent doivent se trouver dans une grande partie de cette large et irrégulière bande de terre qui longe à l'Ouest la falaise à pic où meurt brusquement le plateau central. Il est infiniment probable que si nous possédions par là des moyennes météorologiques de lieux tels qu'Ankavandra, Miandrivazo, Mahabo ou Bekodoka, nos isothermes pourraient sans hésiter envelopper d'un trait continu toute une région de maxima thermiques. Nous ne tracerons pas ces isothermes, faute de précision à l'heure actuelle. Les isothermes réelles doivent logiquement suivre les contours topographiques. La température réduite au niveau de la mer montrera le rôle capital de ce plateau qui arrête le vent.

1° Isothermes réelles. — Commençons l'année climatologique malgache au 1er juillet, époque d'hiver où le soleil est à sa distance maxima dans le Nord, où la vie végétative est ralentie.

Juillet. — Sur la côte orientale, nous trouvons une température moyenne de 20°.4 de Maroantsetra à Farafangana. Au Sud : Fort-Dauphin a 19°.5; au Nord : Vohémar indique 21°.9. Diégo, lui, avec ses 24°.5 montre bien qu'il doit appartenir à un climat plus chaud.

Sur le plateau, nos stations les plus basses sont aux extrémités : au Nord Mandritsara (600 m.) avec 19°.2, au Sud Ihosy (870 m.) à 18° et

Betroka (800 m.) en marque 17°.4; l'isotherme 18° doit suivre la cote 800 mètres du Sud au Nord.

La partie moyenne du plateau est à la cote 1,200; sa température doit être 15° environ, puisque nous avons 14 à Fianarantsoa (1,243 m.) et 14°.3 à Tananarive (1,381 m.). Enfin pour l'Ankaratra le minimum est à Antsirabé (1,512 m.) 12°.2.

La région du Nord-Ouest montre une opposition nette avec la côte orientale. L'île de Nosy-Bé au climat adouci par la mer ne compte que 23°.8. Mais Diégo et Majunga dépassent 24°, Analalava sur le littoral et Mævatanana à l'intérieur ont au moins 25°.5. Nous trouvons donc ici une zone climatique où les moyennes dépassent de 4° celles de la côte opposée; les contrastes subsistent, mais en s'atténuant, quand on descend vers le Sud, 22°.5 à Maintirano, 21°.5 à Morondava, 20°.8 seulement à Tulear.

Mois d'août. — La plupart des stations malgaches ont eu leur température minimum en juillet.

Déjà sur la côte orientale on note 20°.6; en août sur le Plateau entre 6 et 800 mètres on a 18°.6 à Mandritsara (minimum local), 18°.7 à Ihosy, 18°.8 à Betroka.

Pour le gradin de 1,200 le thermomètre est voisin de 16° puisqu'il donne 14°.9 à l'observatoire et 15°.4 à Fianarantsoa : à 1,500 mètres on observe 13°.1.

Dans la région Nord-Ouest : Diégo, Majunga, Marovoay ont 24°.5, Nosy-Bé 23°.8. Le centre thermique à Analalava-Mævatanana dépasse 25°.5, soit un degré de plus que Majunga et cinq degrés d'excédent par rapport à la côte Est.

Maintirano a une température de 22°.9, soit 2° de plus que le point de même latitude sur l'autre littoral. Morondava 21°.7, Tulear 20°.5.

La région Sud-Ouest autour de Tsivory a un maximum relatif supérieur à 21°.5.

Mois de septembre. — La chaleur augmente partout. Pour la côte Est les températures se tiennent entre 21°.4 et 22°.4; c'est donc un degré de plus qu'aux îles Mascareignes.

Fig. 28. — Température : mois de juillet.

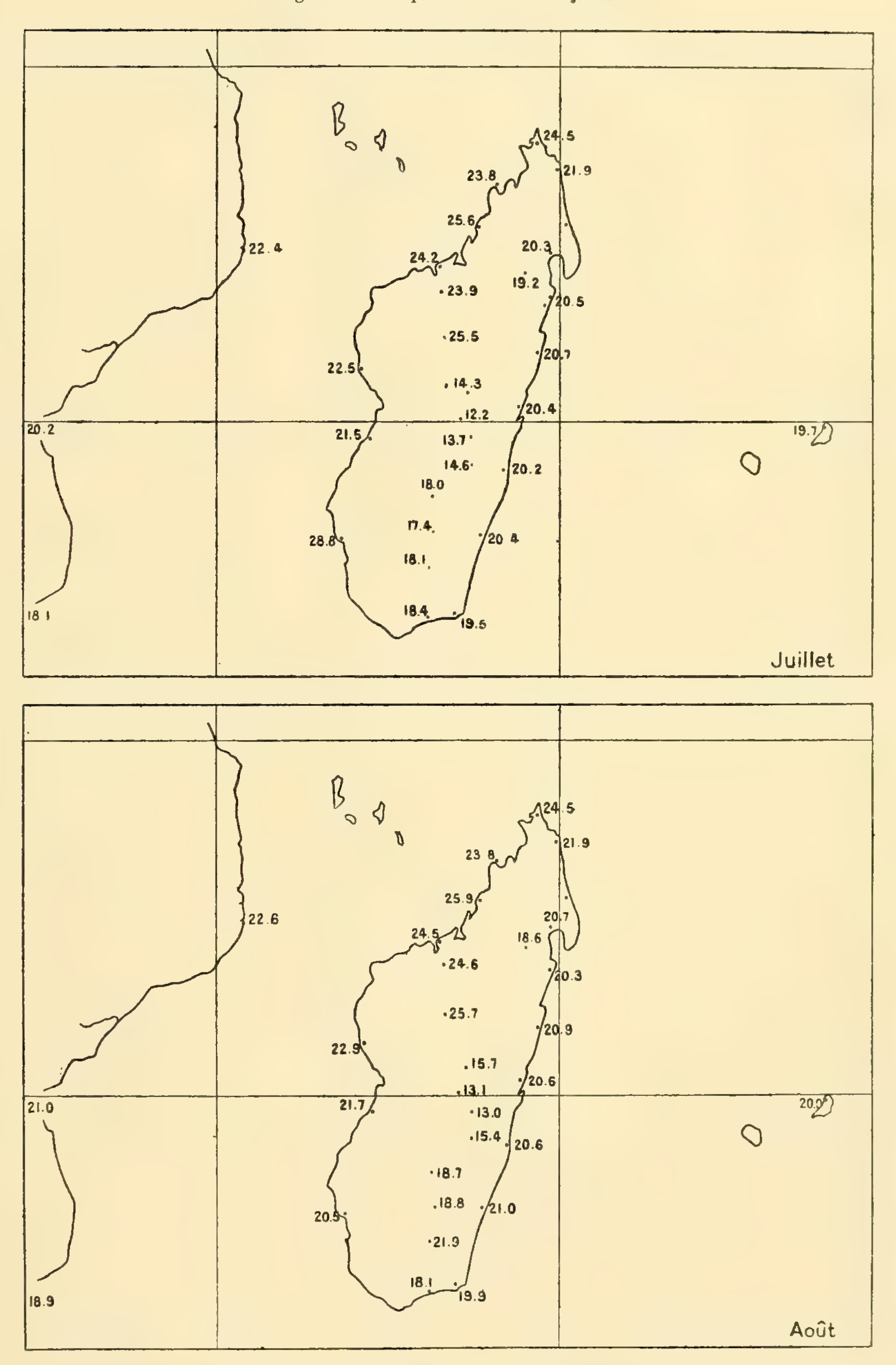


Fig. 29. — Température : mois d'août.

Fig. 30. — Température : mois de septembre.

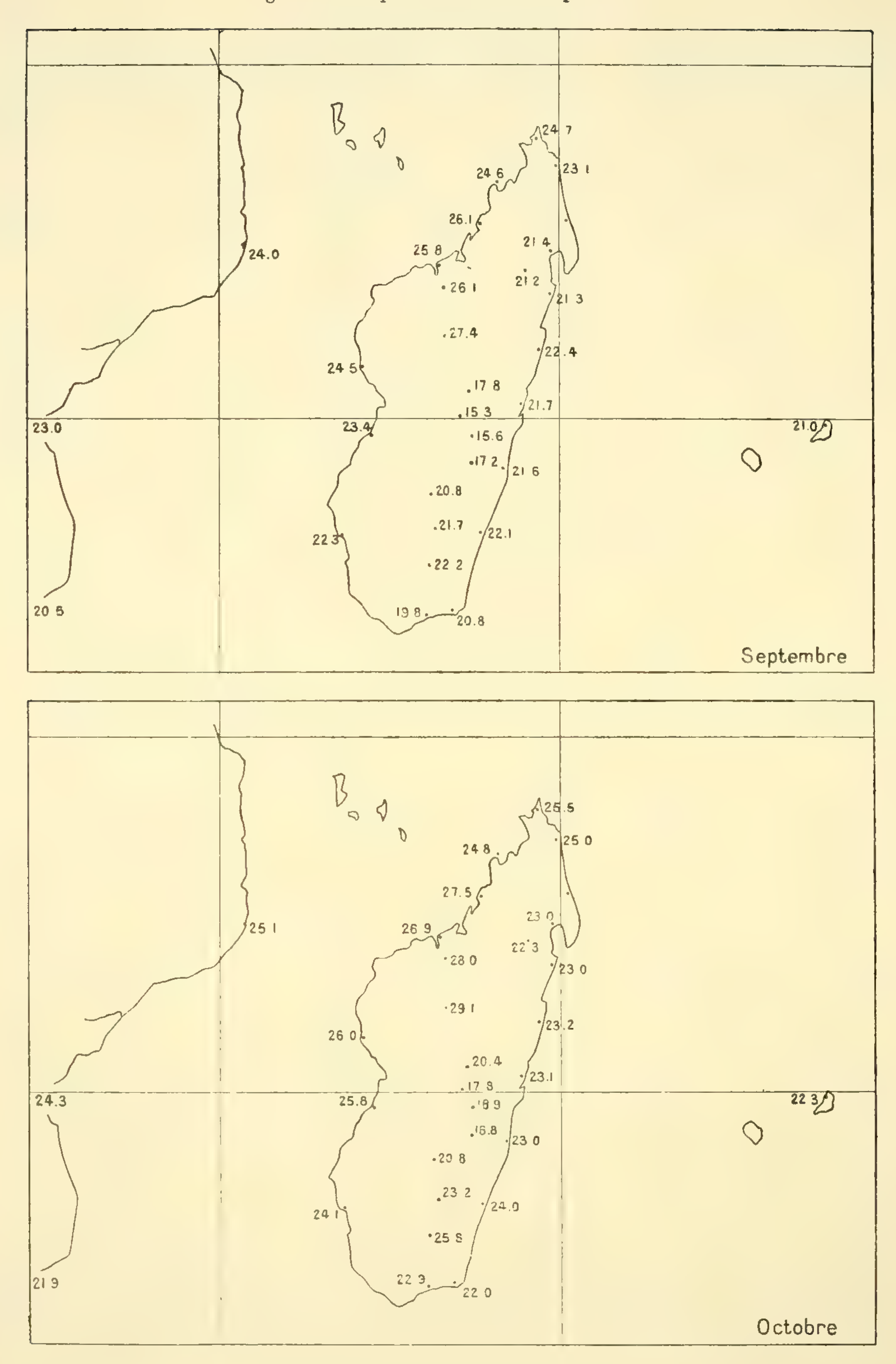


Fig. 31. — Température : mois d'octobre.

Fig. 32. — Température : mois de novembre.

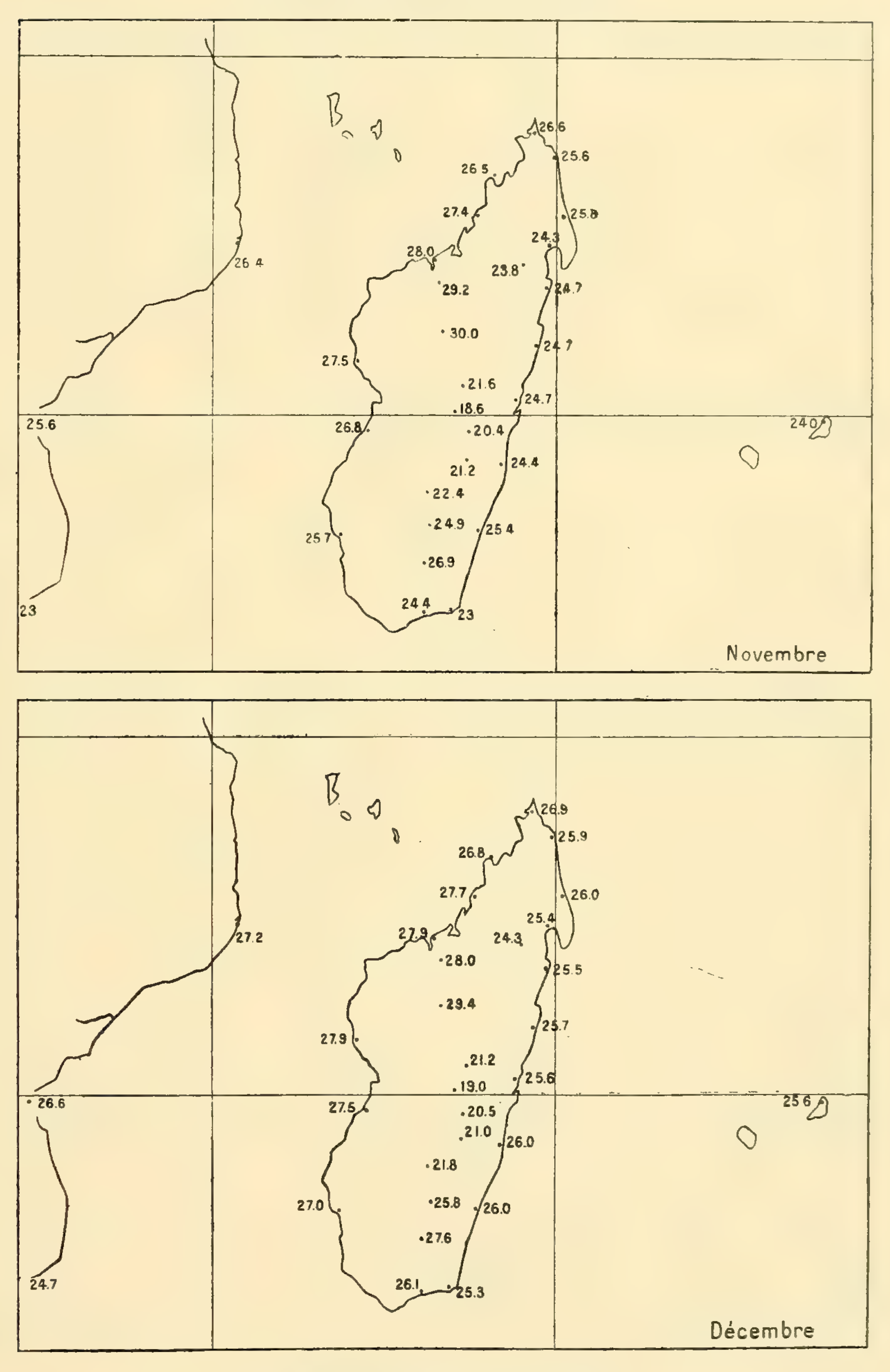


Fig. 33. — Température : mois de décembre.

Fig. 34. — Température : mois de janvier.

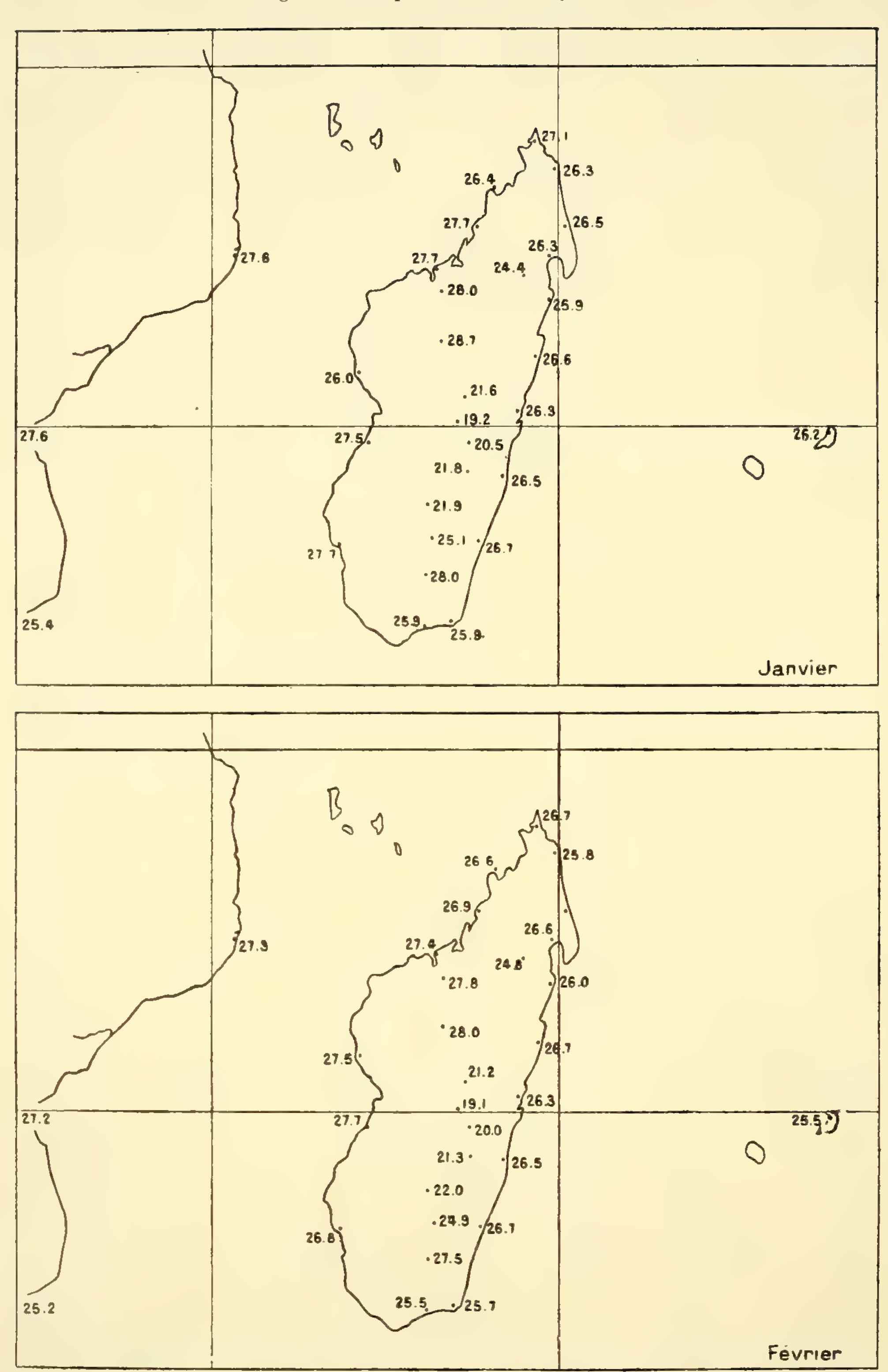


Fig. 35. — Température : mois de février.

Fig. 36. — Température : mois de mars.

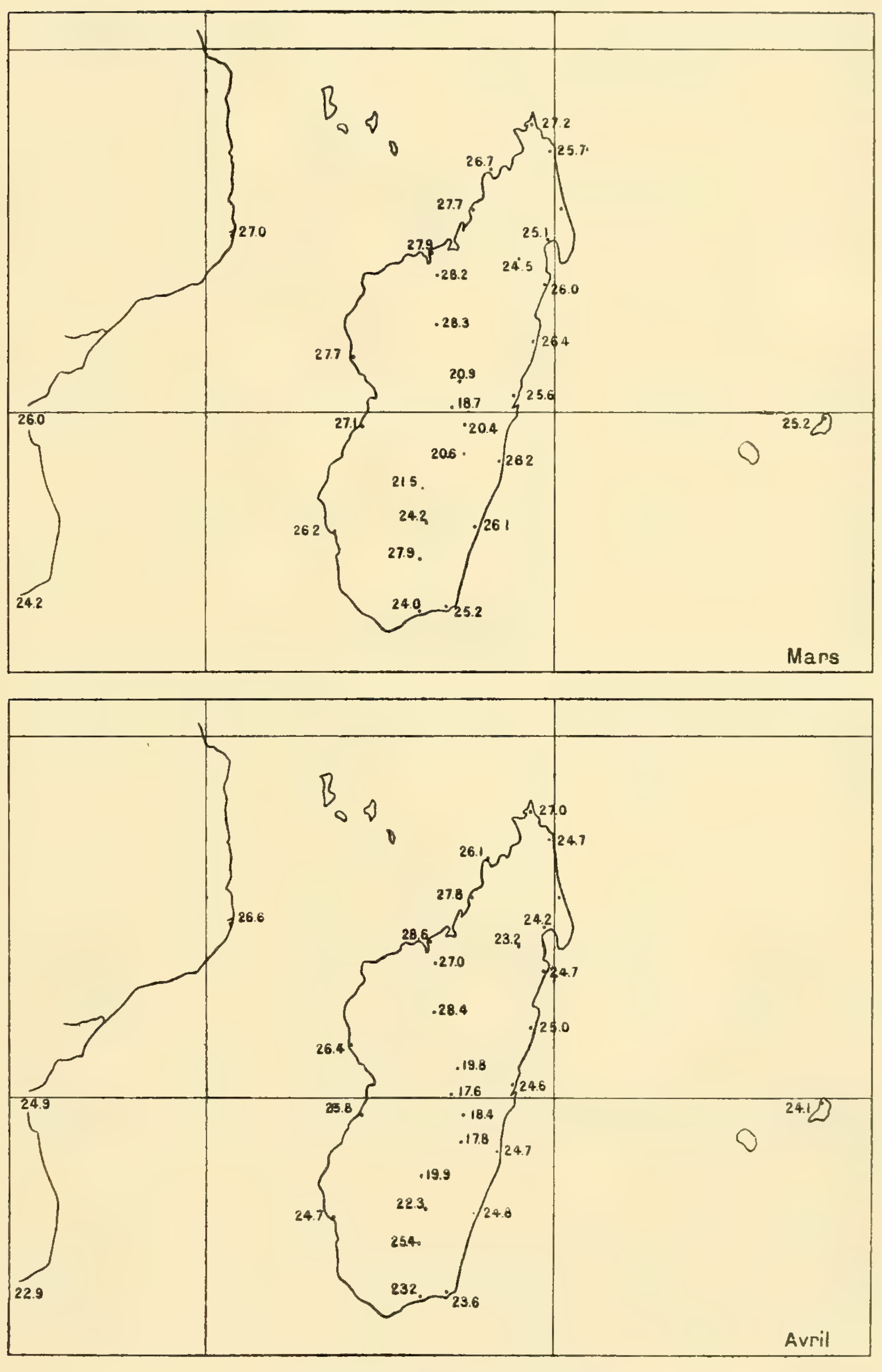


Fig. 37. — Température : mois d'avril.

· Fig. 38. — Température : moïs de mai.

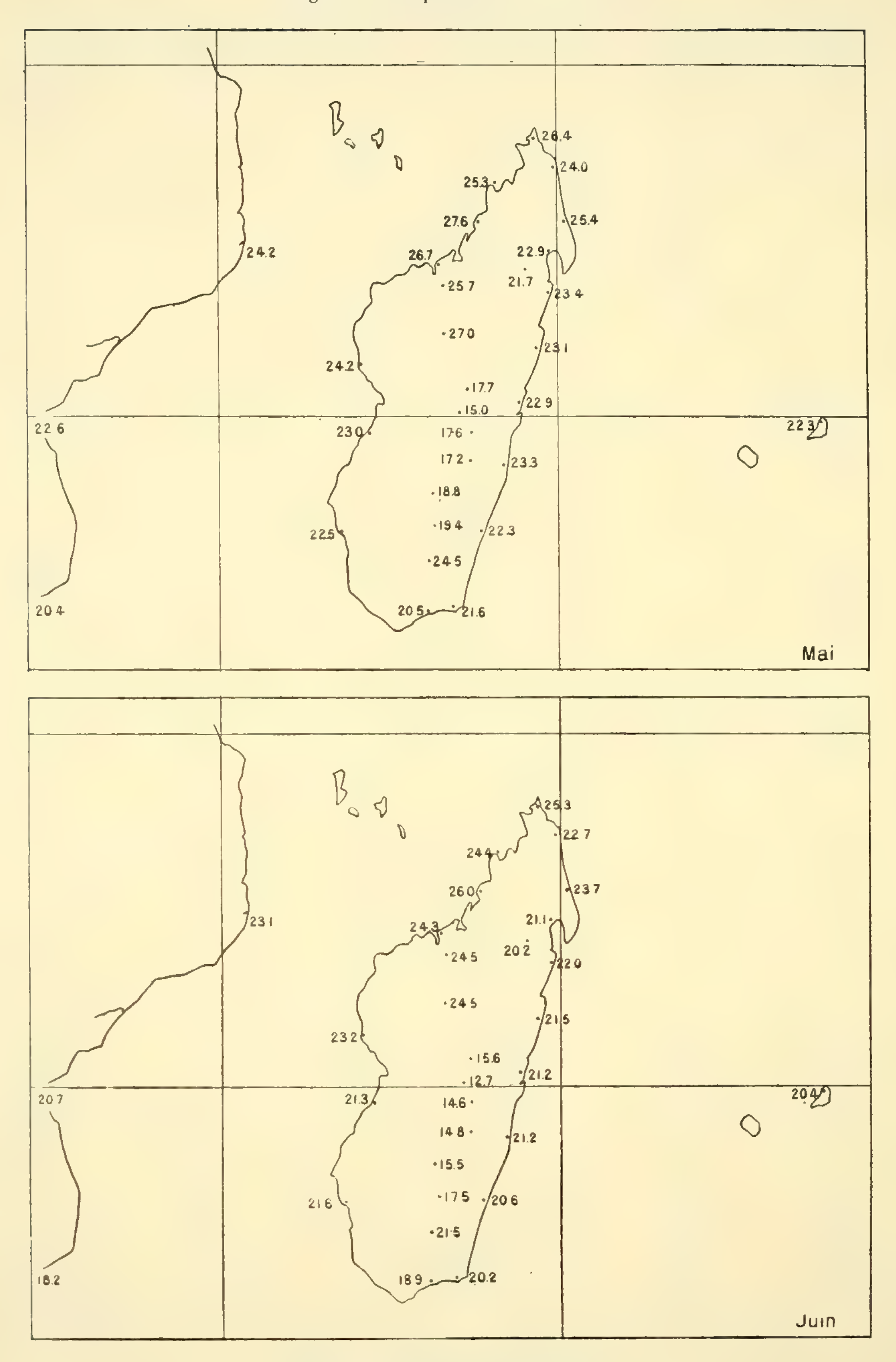


Fig. 39. — Température : mois de juin.

A l'intérieur le niveau 800 est suivi par l'isotherme 21° (Mandritsara 21°.2, Antsirabé observe 15°.5. Le plateau central 18°.

Le coin particulier de Nosy-Bé monte à 24°.6. L'isotherme 26° englobe la côte Nord-Ouest, Majunga, Analalava, Marovoay. Le centre chaud de Mævatanana enregistre 27°.4, c'est encore 5 à 5°.5 de plus que la côte orientale; on relève 24° à Maintirano, 2° de plus qu'à Tamatave, 23° à Morondava, 22°.3 à Tulear.

Le petit coin du Sud-Ouest, pour lequel les renseignements sont si peu nombreux paraît en septembre sensiblement en équilibre avec Fort-Dauphin et Tulear.

Mois d'octobre. — Mois sec et chaud où l'on observe parfois des maxima absolus de température.

La moyenne est 23°.1 sur la côte de l'Océan Indien. La bordure du plateau donne 22°.3 à Madritsara, 20°.8 à Ihosy, 23°.2 à Betroka; le Plateau lui-même à 1,200 mètres d'altitude doit être aux environs de 20° (19°.4 à l'Observatoire, 18°.8 à Fianarantsoa).

Enfin l'Ankaratra a 17°.8.

A l'Ouest : Nosy-Bé change peu 24°.8, mais l'isotherme 26° s'étend jusqu'à Maintirano, la ligne de 27° passe par Majunga, et englobe largement Analalava (27°.5). Enfin Marovoay est à 28° et Mævatanana 29°.1, soit 6 degrés de plus que l'autre côte.

Morondava avec 25°.8, Tulear avec 24°.1 ont un thermomètre plus haut que les stations de longitude plus orientale.

Dans le Sud-Ouest : Tsivory note un maximum relatif avec 25°.8.

On commence à se rendre compte qu'il y a à Madagascar un certain nombre de régions bien nettement différentes.

Mois de novembre. — Les grandes chaleurs ont commencé et la saison des pluies s'ouvre à peu près partout, plus tardive à l'Ouest qu'au Centre.

Côte Est : moyenne dépassant légèrement 24°.5 et 25°.5 au Nord du cap Masoala.

Premier gradin du Plateau 23°.8 à Mandritsara, 22°.4 à Ihosy, Betroka 24°.9 soit environ 23° pour la ligne 800 mètres.

Plateau central : Tananarive 20°.7, Fianarantsoa 21°.2, donc 21°.5 à 1,200 mètres.

Ankaratra 18°.6.

Côte Nord-Ouest : Diégo et Nosy-Bé 26°.5.

L'isotherme 27 va du Nord d'Analalava aux environs de Morondava, en suivant probablement le bord des falaises intérieures.

Trois courbes fermées autour du centre de Mævatanana, soit 30° en cette station, 29°.2 à Marovoay, 28 à Majunga. Au Sud-Ouest Tulear, 25°.7. Région de Tsivory 26°.9.

Mois de décembre. — Avec les pluies abondantes le thermomètre a cessé de monter dans le Centre et l'Ouest; et marque même un petit fléchissement. Il croît encore à l'Est et au Sud : c'est dans ce mois que le soleil vient surplomber Farafangana et les environs de Tulear.

Côte Est : 25°.7 de Vohémar à Fort-Dauphin : donc température stationnaire au Nord, et hausse de plus d'un degré au Sud.

Plateau : premier échelon Mandritsara 24°.3, Ihosy 21°.8, Betroka 25°.8.

Deuxième échelon : Tananarive 20°.8, Fianarantsoa 21°, Ankaratra 19°.0.

Ouest : L'isotherme 27° va des environs Sud de Nosy-Bé à Tulear. La courbe intérieure de 28° s'étend de Majunga à Maintirano, s'infléchit largement à l'intérieur. Le maximum de Mævatanana marque 29°.4 : environ 4° de plus qu'à l'Est.

Tsivory avec 27°.6 n'est pas beaucoup plus chaud que Tulear.

Mois de janvier. — La plupart des stations du centre, de l'Est et du Sud ont leur maximum en janvier.

Côte Est : 26°.5 de Vohémar à Faragangana, 25°.9 à Fort-Dauphin.

Bordure du Plateau : Mandritsara 24°.4, Ihosy 21°.9, Betroka 25°.1.

Plateau de 1,200 mètres : Tananarive 21°, Fianarantsoa 21°.8 d'où 22° pour la plaine.

Antsirabé 19°.2.

A l'Ouest : Diégo et Tulear ont augmenté, mais la région de Majunga indique un léger recul, dû peut-être à l'abondance des pluies.

Nosy-Bé 26°.4.

L'isotherme 27° englobe Diégo, puis va de Nosy-Bé au Sud de Tulear; la suivante avec 28° passe à l'intérieur par Maintirano et Marovoay. Le point culminant est 28°,7 à Mævatanana. Tsivory avec 28° suit le régime de Tulear 27°.7.

Mois de février. — Maximum de la saison des pluies, accompagné d'une baisse de température presque partout, sauf sur la côte Est.

Bordure orientale 26°.5, Fort-Dauphin 25°.7.

Premier gradin du Plateau : Mandritsara 24°.8 Ihosy 28°, Betroka 24°.9.

Centre : Tananarive 20°.9, Fianarantsoa 21°.3 soit 21°.5 à peu près pour le Plateau.

Ankaratra 19°.1.

Nosy-Bé et Diégo 26°.6 à 26°.7.

L'isotherme 27 s'étend du Sud d'Analalava (26°.9) au Nord de Tulear (26°.8).

Une petite courbe fermée de 28° autour de Mævatanana et au pied des plaines à l'Est de Maintirano et Morondava.

Tsivory a près d'un degré (27°.5) de plus que Tulear.

Mois de mars. — La descente du thermomètre a commencé à l'Est, au centre et au Sud, mais une remontée se marque pour le climat de l'Ouest.

Côte Est : moyenne 26°.

Altitude 800 : Mandritsara 24°.5, Ihosy 21°.5, Betroka 24°.2.

Plateau central : Tananarive 20°.7, Fianarantsoa 20°.6.

Antsirabé 18°.7.

Climat de l'Ouest : la presqu'île de Diégo avec 27°.2 est plus chaude que Nosy-Bé 26°.7.

L'isotherme 27 va de Morondava au Sambirano.

La température est voisine de 28° à Majunga, Maintirano et Analalava. Le maximum est 28°.2 à Marovoay, 28°.3 à Mævatanana. Tulear a reculé jusqu'à 26°.2, mais le centre thermique de Tsivory est encore 27°.9.

Mois d'avril. — Le froid remonte du Sud au Nord, mais le Nord-Ouest

résiste, à cause de la sécheresse presque absolue de cette contrée. Côte Est : 24°.7 de Vohémar à Farafangana, 23°.6 à Fort-Dauphin. Bordure du massif central : Mandritsara 23°.21, Ihosy 19°.9, Betroka 22°.3.

Centre : Tananarive 19°.2, Fianarantsoa 19°.3.

Anstirabé 17°.6.

Au Nord : Diégo avec 27° dépasse largement Nosy-Bé 26°.1.

Au Sud : Tulear n'a plus que 24°.7 et Tsivory 25°.4, Morondava est à 25°.8.

Le centre thermique de Mævatanana s'est rétréci : cette station note 28°.4, mais Majunga a maintenant 28°.6 et Analalava 27°.8. Une anomalie locale ne donnerait que 27° à Marovoay, peut-être y a-t-il là simple erreur provenant d'observations rares.

Mois de mai. — L'intérieur de l'île et *a fortiori* l'Ouest sont en pleine saison sèche; mais la côte orientale reste arrosée.

Côte Est : moyenne 23°.1, Fort-Dauphin n'a plus que 21°.6. Plateau : zone de 800 mètres, Mandritsara 21°.7, Ihosy 18°.8, Betroka 19°.4; zone de 1,200 mètres, Tananarive 17°.2, Fianarantsoa 17°.2.

Antsirabé 15°.

Tout le Sud-Ouest y compris Morondava et le petit foyer chaud de Tsivory seul excepté, est à la même température que les régions orientales de même latitudes, Tulear 22°.5 comme Farafangana, Morondava 23°, Maintirano 24°.2.

Il subsiste de la chaleur dans la presqu'île isolée de Diégo 26°.4, toujours 1° de plus que Nosy-Bé 25°.3.

Dans la région thermique Majunga, Mævatanana, Analalava, on trouve encore l'isotherme 27°, mais l'anomalie de Marovoay persiste.

Mois de juin. — Cette fois nous trouvons partout régime d'hiver.

La côte Est : sous la pluie, se tient à 21°.2, avec un degré de moins au Sud, Fort-Dauphin, et 1°.5 de plus au Nord du cap Masoala.

Pour le Plateau : Mandritsara 20°.2, Ihosy 15°.5, Betroka 17°.5.

Au Centre : Tananarive 15°, Fianarantsoa 14°.4.

Antsirabé 12°.7.

La côte Sud-Ouest suit pour les températures, mais non pour les

pluies, le régime de l'Est 21°.3 à Morondava 21°.6 à Tulear, 21°.5 à Tsivory, Maintirano enregistre 23°.2.

Les points les plus chauds sont Diégo-Suarez 25°.3 et Analalava 26°.

La région Mævatanana, Marovoay, Majunga reste à 24°.5 à peu près comme Nosy-Bé.

Résumé. — Il est commode de diviser l'année en deux saisons, avril-septembre saison fraîche, octobre-mars saison chaude. Ce fractionnement correspond à peu près, au moins pour le centre, aux deux périodes sèche et arrosée.

Saison fraîche. — La température moyenne de la côte Est est 22°, Fort-Dauphin 20°.9, Vohémar 23°.

La zone intérieure à l'altitude 800 mètres compte 19°.5.

Le plateau central 17° (Tananarive 16°.3, Fianarantsoa 16°.3 également).

L'Ankaratra 14°.3.

Au Nord, Diégo compte 25°, trois degrés de plus que la côte Est, Nosy-Bé a 24°.7.

Au Sud la région Tulear Tsivory, grâce à ses nuits fraîches, se tient à 22°, soit à 1° de plus que Fort-Dauphin.

Une région chaude et absolument sèche englobe Analalava, Majunga, Mævatanana, et se rapproche de Maintirano sans l'atteindre. La température est de 26°.5, 4°.5 de plus que la côte Est.

Saison chaude. — Il pleut partout, sauf en octobre, mois plutôt sec ainsi parfois que le début de novembre.

Côte Est : température moyenne 25°.4, Fort-Dauphin et Ambovombe au Sud ont 24°.7.

Plateau central : premier gradin 24°, deuxième 21° (20°.6 à l'Observatoire, 20°.7 à Fianarantsoa).

Antsirabé 18°.7.

Diégo, au Nord, a 26°.6, Nosy-Bé 26°.3; au Sud Tulear 26°.2, mais son hinterland dépasse largement 27 (27°.3 à Tsivory, malgré l'altitude).

Tout l'Ouest de Madagascar depuis Nosy-Bé jusqu'à Morondava ne passant le long des falaises intérieures de plateau dépasse 27°.

Une zone plus chaude est comprise à l'intérieur de la précédente avec plus de 28° à Marovoay et près de 29° à Maevatana. Faute de stations on n'en peut exactement préciser les limites.

Année moyenne. — Toutes ces différences entre les diverses régions climatériques de l'île étant à peu près constantes doivent se retrouver sensiblement les mêmes dans des moyennes annuelles.

Résumons-les. Au Nord, Diégo-Suarez forme un petit bloc isolé, comme si la montagne d'Ambre le séparait du reste de l'île. Sa température annuelle serait de 25°.8.

Celle de Nosy-Bé plus égale et plus marine est 25°.5; mais nous trouvons ailleurs une raison grave pour séparer complètement le climat de Nosy-Bé de celui de Diégo, comme la végétation différente le laissait supposer.

Toute la côte Est forme un bloc homogène avec une température annuelle de 23°.8. A peine quelques petites divergences locales; la partie Nord, Vohémar, plus chaude d'un demi-degré, la partie Sud, Fort-Dauphin plus froid d'un degré, comme la latitude l'exige. Cette uniformité ne se retrouve pas à l'Ouest : il doit donc être possible de reconnaître en plus de l'action de la mer qui est commune aux deux rivages, une cause égalisante à l'orient, qui n'apparaît pas à l'occident. Cette cause semble bien être l'alizé d'Est-Sud-Est.

En somme de part et d'autre de l'arête montagneuse centrale les températures sont inégales pour les stations placées à même latitude. L'Ouest de l'île est plus chaud de 2° au moins pour sa partie méridionale et de 3° au Nord du cap Saint-André. Si l'on réfléchit que l'alizé froid et humide souffle sur tout l'Est de Madagascar, qu'il dépose sa vapeur d'eau sur les pentes orientales et ne se montre à l'Ouest que plus chaud et desséché, on tient vraiment la clé de l'énigme. L'alizé est plus fort en hiver : la différence de température entre les deux côtes est alors 4°, et seulement 2° en été, quand la mousson agit.

Quant au plateau central, sa température moyenne serait de 19° pour la partie où l'altitude est 1,200 mètres, de 22° environ pour les contours de 800 mètres, et de 16°.5 à 1,500 mètres (Antsirabé).

2° Isothermes réduites au niveau de la mer. — De nombreux facteurs, avons-nous dit, viennent agir sur les températures en un lieu donné : latitude, altitude, exposition topographique au soleil et au vent, etc. Il serait intéressant de pouvoir les séparer, pour les étudier isolément. Laissant ici de côté l'influence de la latitude, qui est d'ailleurs visible sans calcul pour les stations du littoral, nous essaierons d'éliminer la variation de température avec l'altitude des stations et de tracer ce que seraient les isothermes malgaches pour une île uniformément plate, au niveau de la mer. Ce procédé artificiel permet seul les tracés de courbes embrassant une surface étendue du globe terrestre.

Pour ramener une température observée à ce qu'elle serait au niveau de la mer, il faut nécessairement faire une ou des hypothèses sur la manière dont elle varie avec l'altitude.

Cette variation est loin de se montrer constante, d'un mois à l'autre, d'une journée à la suivante, et même à l'intérieur d'une seule journée. Cependant, pour les pays d'Europe, on admet que pour des moyennes basées sur de longues séries, on obtient une valeur assez satisfaisante, si l'on ajoute à la température observée en un lieu où z est l'altitude géodésique exprimée en centaines de mètres, la correction 0°.56 z. En d'autres termes ceci revient à admettre que partout la température diminue de 1° quand on s'élève de 178 mètres.

Ce coefficient numérique 0°.56 n'est certainement pas correct pour Madagascar. Ici, plus qu'ailleurs la décroissance de chaleur en fonction de l'altitude subit des variations extrêmement capricieuses, et les mois d'octobre et novembre en particulier semblent défier tout procédé de réduction.

Une comparaison minutieuse entre Tananarive (1,381 m.) et Tamatave, station au bord de l'Océan à 213 kilomètres, conduirait à admettre les coefficients suivants : octobre et novembre 0°.40, juin, juillet 0°.51, autres mois de l'année 0°.46.

Tananarive se trouve sur l'arête faîtière qui sépare les deux climats de l'Est et de l'Ouest. Il n'est pas illogique de penser que tantôt l'un, tantôt l'autre des deux régimes y est prépondérant : on sera donc assez

près de la réalité en adoptant le coefficient de correction 0°.46 pendant toute l'année.

De la même manière une comparaison entre Antsirabé (1,512 m.) et Vatomandry, station marine la plus proche, répartirait les mois en deux groupes février, septembre avec 0°.50 et octobre, janvier 0°.44 dont la moyenne 0°.47 est très voisine de celle trouvée par le couple Tananarive-Tamatave. Nous adoptons donc le coefficient numérique 0°.46 pour 100 mètres d'altitude.

Dans ces conditions les corrections deviennent : Mævatanana + 0°.2; Marovoay + 0°.3; Antsirabé 1,512 mètres + 7°.0; Tananarive 1,381 mètres + 6°.4; Ambositra 1,300 mètres + 5°.9; Fianarantsoa 1,250 mètres + 5°.8; Ihosy 870 mètres + 4°.0; Betroka 800 mètres + 3°.7; Mandritsara 600 mètres + 2°.7; Tsivory 400 mètres + 1°.8. Les quatre dernières stations, par l'abri qu'elles trouvent derrière les montagnes, appartiennent déjà au climat de l'Ouest. La dernière pour laquelle on ne possède que deux années d'observations est donnée à simple titre de renseignement.

Avec ces corrections ont été déterminées nos courbes réduites; leur contour parle de lui-même, et n'appelle pas un long commentaire.

Hiver. Juillet. — L'anticyclone occupe le Sud de l'île. Les isothermes qui s'étendent presque rectilignes, d'Afrique à Maurice, se trouvent fortement déviées par les terres malgaches qui forment un foyer thermique.

Toutes les isothermes de Madagascar sont parallèles à la direction de l'arête centrale : ce fait confirme l'action capitale du vent alizé, froid et humide sur notre climat. La partie exposée au vent ne dépasse pas 20°.5; dès que les sommets s'interposent, la température monte rapidement de 21° à 24°. La côte Nord-Ouest est tout entière comprise dans cette isotherme, de Diégo-Suarez au cap Saint-André. A l'intérieur des terres où la mer ne modère plus la chaleur, on trouve 25°.5. Même situation en août.

Ce sont par excellence les mois de l'alizé de Sud-Est; il y a 4° entre région humide et région sèche.

Printemps. Octobre. — L'air est plus sec, l'alizé est moins vif; la tempé-

rature a monté partout. Le centre thermique du Boina est plus actif. Il n'y a plus que 3° de différence entre les côtes Ouest et Est. Mais Mævatanana a plus de 5° d'excédent sur la bande orientale.

Été. Janvier. — L'alizé est tombé; la saison des pluies est générale, accompagnant la mousson de Nord-Ouest. Le vent est faible et irrégulier sur la côte Est. Le centre des basses pressions de Majunga domine, et les orages se forment partout où se fait sentir la mousson. La divergence entre les deux côtes s'est atténuée, elle a presque disparu avec l'alizé : 1° seulement de moins à l'Est. C'est la contre-épreuve.

Automne. Avril. — Que la sécheresse s'établisse, que la mousson du Nord-Ouest recule avec le soleil, que l'alizé se renforce à l'Est et aussitôt le gradient thermique s'accuse de nouveau. Il y a maintenant 3°.5 entre Majunga et Tamatave, 1°.2 entre Tananarive et Tamatave, c'est le retour vers l'hiver.

Ces quelques remarques confirment donc, du point de vue météorologique, les conclusions auxquelles M. H. Perrier de la Bâthie était parvenu par l'étude de la végétation malgache. L'alizé du Sud-Est est vraiment le rouage principal de la climatologie à Madagascar : comme aux Mascareignes on pourrait parler de *pays au vent* et de *pays sous le vent*.

3° Moyennes mensuelles. — Il est facile de dresser le tableau des moyennes mensuelles de température pour les stations de Madagascar et celles des pays environnants; cette statistique se complétera par les tracés des isothermes après réduction au niveau de la mer.

Diégo-Suarez	25°.8	Dar-es-salam	25°.0	Maintirano	25°.7
Vohémar	24°.3	Mozambique	25°.2	Morondava	24°.9
Maroantsetra	23°.5	Beira	24°.1	Tulear	24°.1
Tamatave	23°.9	Lourenço-Marquès	21°.9	Tananarive	18°.4
Vatomandry	23°.6	Nosy-Bé	25°.5	Antsirabé	16°.5
Mananjary	23°.7	Analalava	27°.0	Ambositra	18°.0
Farafangana	23°.9	Majunga	26°.7	Fianarantsoa	18°.5
Fort-Dauphin	22°.8	Marovoay	26°.8	Ihosy	21°.7
Ambovombé	22°.3	Mævatanana	27°.7	Betroka	22°.2
Maurice	23°.0	Mandritsara	22°.4	Tsivory	24°.7

Fig. 40. — Isothermes de janvier réduites au niveau de la mer.

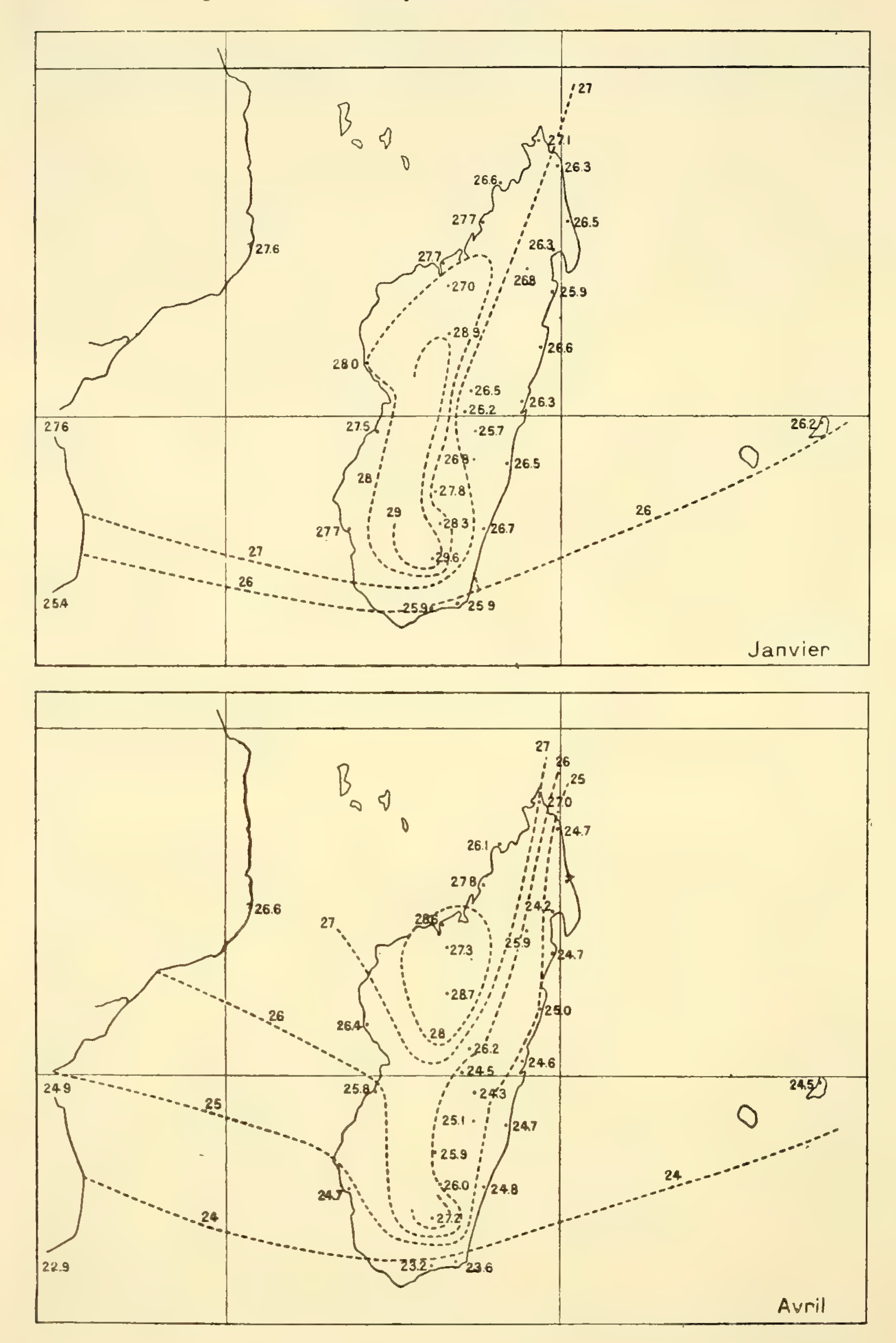


Fig. 41. — Isothermes d'avril réduites au niveau de la mer.

Fig. 42. — Isothermes de juillet réduites au niveau de la mer.

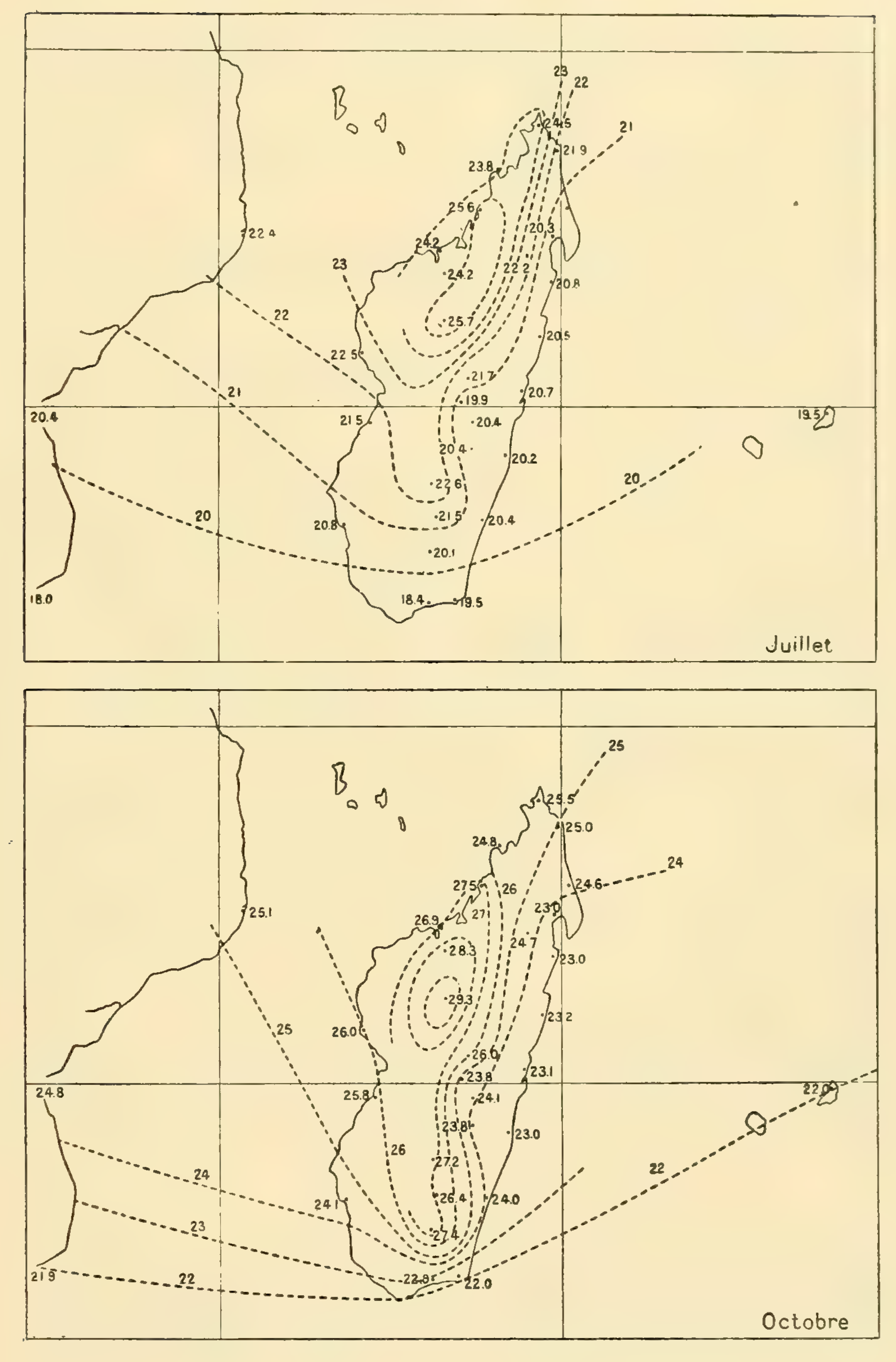


Fig. 43. — Isothermes d'octobre réduites au niveau de la mer.

Les réductions à l'aide du coefficient 0°.46 par 100 mètres donneront:

Marovoay	27°.1	Tananarive	24°.8	Fianarantsoa	24°.3
Mævatanana	27°.9	Antsirabé	23°.4	Ihosy	25°.7
Mandritsara	25°.1	Ambositra	23°.9	Betroka	25°.9
Tsivory	26°.5				

Au Sud du cap Sainte-Marie, les isothermes suivent à peu près exactement les parallèles de latitude. En l'absence de toute terre, il était logique de le supposer.

La présence de Madagascar et son système orographique modifient profondément la répartition des températures. Si la côte orientale soumise à l'alizé et bordée par la mer s'écarte peu de l'observation de Maurice, et si les températures n'y sont guère différenciées que par le jeu normal des latitudes ou de quelques petits facteurs locaux (Farafangana), il en va tout autrement à partir des premières pentes du plateau central. Trois isothermes, distantes de 1°, s'y échelonnent à bref intervalle. Aux erreurs d'observation près (elles sont inévitables), on voit que les postes exposés au vent d'Est sont plus froids que les stations abritées. Les exemples de Fianarantsoa en bordure orientale des crêtes et de Tananarive (plus haut de 130 m.) en arrière de celles-ci peuvent être considérés comme typiques. Tout l'Ouest de Madagascar est soustrait à l'effet rafraîchissant de l'alizé. Dès que l'on pénètre à l'intérieur des terres la température monte de 1 à 2°; un véritable foyer thermique existe dans la région Nord-Ouest, dont nous avons décrit l'exposition spéciale à la mousson, au courant chaud, à un alizé desséché et réchauffé par la traversée des montagnes.

Dans le Boina, et peut-être ailleurs, la moyenne annuelle est très voisine de 28°. L'Ouest sera donc le pays par excellence des cultures tropicales qui s'accommodent d'une longue sécheresse et de chaleurs fortes.

§ 2. MAXIMA ET MINIMA

Nous n'avons parlé jusqu'ici que de températures moyennes. Ce renseignement serait insuffisant, si l'on n'y joignait les valeurs extrêmes. Il est évident en effet qu'une même valeur moyenne pourrait être obtenue

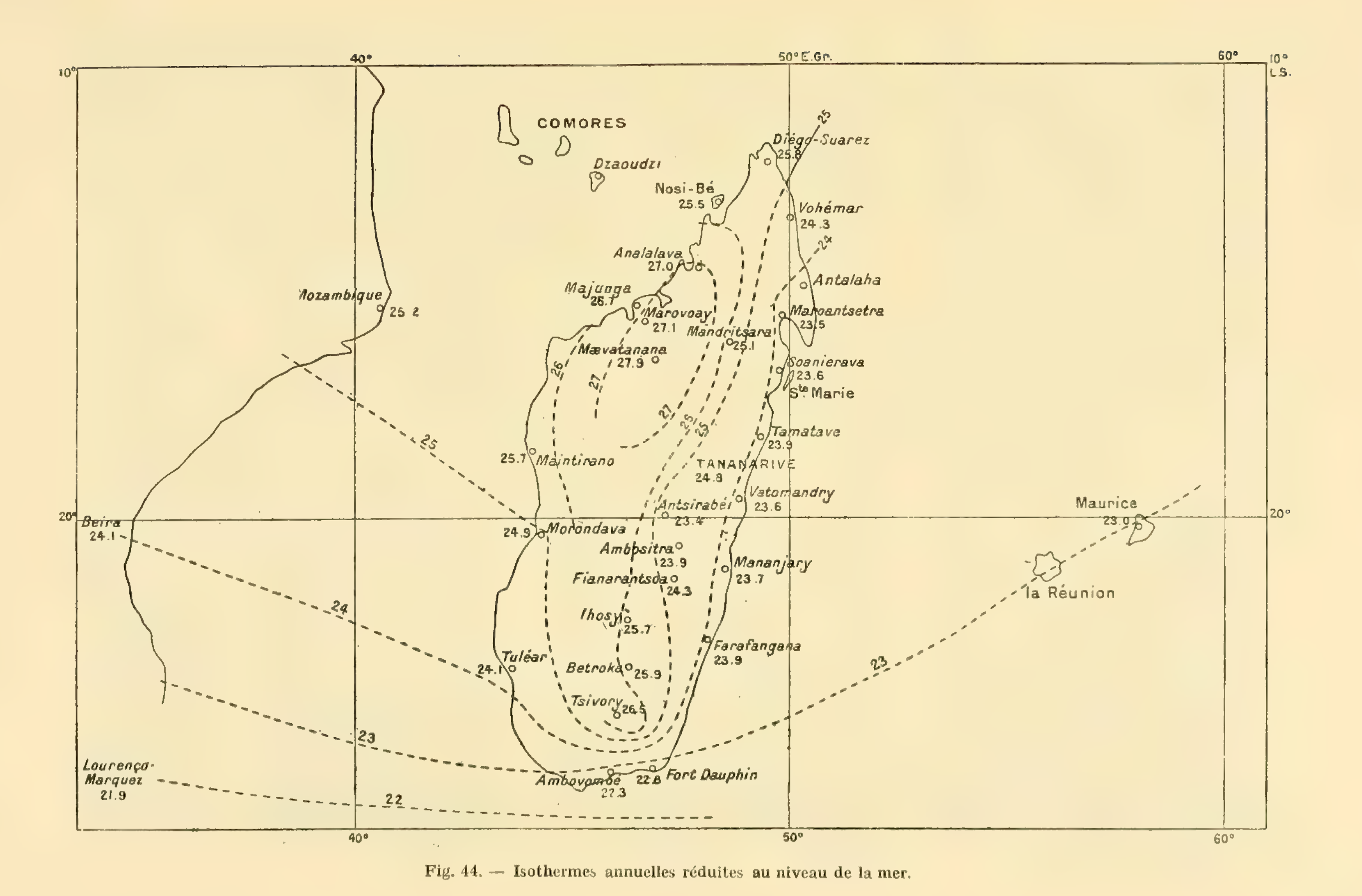


Fig. 44. — Isothermes annuelles réduites au niveau de la mer.

par bien des combinaisons. A Nosy-Bé la température varie peu du jour à la nuit; dans le centre chaud de l'intérieur, et surtout sur les arêtes montagneuses, l'écart ou amplitude entre le maximum et le minimum sera beaucoup plus grand.

Dans le tableau suivant nous donnons pour l'observatoire :

1° Les moyennes mensuelles des maxima et minima journaliers.

2° Les valeurs extrêmes de ces mêmes moyennes au cours de 25 années.

3° Les maxima et minima absolus pour chaque mois.

4° Le maximum et le minimum absolus observés au cours de cette période.

Ces chiffres paraissent suffire pour caractériser les variations de température dans cette station, puisqu'ils renseignent sur ce qu'on peut attendre, soit comme oscillation soit comme valeurs moyennes.

Pour les principales stations du réseau on simplifiera un peu le tableau, afin d'éviter la trop grande accumulation de chiffres : on lira donc les moyennes mensuelles des maxima et minima journaliers et les extrêmes absolus observés dans les périodes de dix à vingt-cinq ans suivant les postes.

TABLEAU 21 *bis*. — **Températures de Tananarive (Observatoire) de 1890 à 1926.**

	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.
Moyenne des maxima	26.0	25.5	25.5	24.1	22.2	20.1	19.5	20.8	23.5	26.3	27.0	26.2
Moyenne la plus élevée	27.9	26.8	27.1	25.7	24.0	22.5	21.9	23.0	25.7	28.2	29.3	28.7
Moyenne la plus basse.	25.0	24.1	24.7	23.0	20.4	18.0	17.7	17.7	21.2	24.8	25.6	23.9
Maximum absolu	31.6	30.2	30.8	29.3	26.7	26.3	26.4	29.4	33.2	23.0	34.0	32.7
Moyenne des minima.	16.0	16.2	15.8	14.2	12.2	9.8	9.0	9.0	10.4	12.5	14.3	15.4
Moyenne la plus élevée.	16.8	16.9	16.6	15.3	14.0	11.4	10.1	10.6	12.1	13.5	15.2	16.3
Moyenne la plus basse	15.1	15.3	14.4	11.9	10.9	8.2	7.4	7.6	9.2	10.8	12.2	14.8
Minimum absolu	10.9	10.9	10.7	7.5	6.6	2.5	3.0	1.8	5.0	6.0	5.5	10.9
Amplitude moyenne.	10.0	9.3	9.7	9.9	10.0	10.3	10.5	11.8	13.1	13.8	12.7	10.8
Amplitude extrême	20.7	19.3	20.1	21.8	21.1	23.8	23.4	27.6	28.2	27.0	28.5	21.9
Moyenne des maxima et minima.	21.0	20.9	20.7	19.2	17.2	15.0	14.3	14.9	17.0	19.4	10.7	20.8

Maximum absolu 34° le 24 novembre 1904. — Minimum absolu + 1°.8 le 4 août 1906.

Les moyennes de Marovoay plus courtes, ne sont pas considérées comme définitives; celles de Mandritsara sont plus longues, mais les maxima

paraissent composés de deux séries de valeurs notablement différentes, et sont par suite susceptibles de modifications lorsque des observations plus prolongées auront permis de les départager. Par sa situation au bord du plateau vers l'Ouest, Mandritsara doit appartenir au climat chaud de l'Ouest : il est donc probable que le groupe le plus bas des maxima est le plus erroné. Pour Antsirabé, il est possible que des lectures de maxima isolées aient été fautives : on comprend mal que leur valeur dépasse fortement celles réellement contrôlées à l'observatoire, qui se trouve à une attitude plus basse de 120 mètres; on n'a pas voulu cependant écarter *a priori* ces lectures.

On voit que le maximum absolu de la température à Madagascar + 44° à Morondava, ne dépasse pas les hauteurs atteintes par le thermomètre dans le midi de la France.

On a longtemps laissé croire que dans le massif de l'Ankaratra, région jusqu'ici connue comme la plus froide de Madagascar, la descente du thermomètre au-dessous de zéro était exceptionnelle; un minimum absolu de — 8°.6 à Antsirabé, altitude 1,512 mètres ne paraît pas excessif. Nous savons d'ailleurs que le 29 juin 1925 un missionnaire catholique a réellement constaté, — 10° dans un village de ce même massif, d'altitude un peu plus élevée, et d'exposition moins abritée que la station thermale d'Antsirabé.

La régularité de l'amplitude journalière, et sa faible variation d'une station à l'autre, est caractéristique des stations maritimes. A Tananarive ses maxima de septembre à novembre sont à rapprocher de ce que nous savons de la transparence plus grande de l'air à cette époque, et de la plus faible quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère.

Les maxima moyens les plus élevés de l'année s'observent :

En *octobre*, à Antsirabé, en pleine montagne : ce serait un effet de la pureté plus grande de l'air à ce moment. On aurait aussi un maximum relatif à Analalava en octobre, avant la saison des pluies. En *novembre* à Tananarive, pour la raison invoquée déjà : transparence de l'air, rayonnement actif que les pluies quotidiennes ne tempèrent pas encore comme aux mois suivants.

Tableau 22. — **Températures maxima et minima à Madagascar.**

		JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.
Diégo-Suarez . . .	Maxima.	31.8	31.4	31.9	31.9	31.6	30.5	29.7	29.5	29.9	30.2	31.4	31.9
	Minima.	22.4	22.0	22.5	22.1	21.3	20.0	19.2	19.4	19.4	20.7	21.7	21.9
Max. 36.5 mars 1926.	Amplitude	9.4	9.4	9.4	9.8	10.3	10.5	10.5	10.1	10.5	9.5	9.7	10.0
Min. 13.0 juin 1909.	Max. absolu.	36.0	35.5	36.5	36.0	35.5	34.5	32.2	32.5	32.5	33.7	34.7	35.2
	Min. absolu.	15.0	14.5	16.0	16.0	15.5	13.2	13.0	14.6	14.1	14.9	17.0	14.0
Vohémar.	Maxima.	31.3	31.7	31.7	30.5	29.9	28.7	27.7	27.5	28.7	29.9	31.4	31.5
	Minima.	19.5	19.8	19.5	18.8	18.1	16.7	16.2	16.3	17.5	19.2	19.7	20.3
Max. 37.2 déc. 1901.	Amplitude.	11.8	11.9	12.2	11.7	11.8	12.0	11.5	11.2	11.2	10.7	11.7	11.2
Min. 10.0 août 1902.	Max. absolu.	36.0	36.2	36.6	36.3	35.1	35.1	32.5	34.0	34.0	35.0	36.0	37.2
	Min. absolu.	13.0	13.0	14.0	12.2	11.8	12.0	12.0	10.0	11.4	13.0	14.7	15.0
Tamatave	Maxima.	30.5	30.5	30.1	28.6	26.7	25.0	24.0	24.5	25.8	26.7	28.3	29.2
	Minima.	22.7	22.8	22.6	21.4	19.5	18.0	17.3	17.3	18.5	19.7	21.1	22.2
Max. 38.9 janv. 1903.	Amplitude.	7.8	7.7	7.5	7.2	7.2	7.0	6.7	7.2	7.3	7.0	7.2	7.0
Min. 8.0 juin 1923.	Max. absolu.	38.9	37.7	36.5	37.0	32.2	30.5	28.5	30.2	33.7	35.2	32.1	33.5
	Min. absolu.	14.0	15.0	16.5	10.0	12.0	8.0	10.0	10.0	11.0	14.4	15.0	17.0
Vatomandry . . .	Maxima.	29.3	29.1	28.8	28.0	26.6	24.8	24.4	24.5	25.3	26.5	27.8	28.7
	Minima.	23.3	23.4	22.4	21.1	19.3	17.5	16.4	16.6	18.1	19.6	21.5	22.5
Max. 34.8 janv. 1920.	Amplitude.	6.0	5.7	6.4	6.9	7.3	7.3	8.0	7.9	7.2	6.9	6.3	6.2
Min. 5.0 juin 1923.	Max. absolu.	34.8	34.5	34.0	33.4	31.0	28.5	28.5	31.0	29.3	30.5	33.0	33.5
	Min. absolu.	17.0	16.0	14.5	14.2	13.0	5.0	9.0	8.5	11.6	10.3	14.0	14.8
Mananjary. . . .	Maxima.	31.1	31.0	30.7	29.1	27.9	25.9	24.9	25.5	26.5	27.9	29.1	30.6
	Minima.	21.9	22.0	21.6	20.3	18.7	16.5	15.5	15.6	16.6	18.1	19.6	21.4
Max. 36.5 fév. 1915.	Amplitude.	9.2	9.0	9.1	8.8	9.2	9.4	9.4	9.9	9.9	9.8	9.5	9.2
Min. 8.0 juil. 1912.	Max. absolu.	35.0	36.5	35.0	34.5	32.0	31.5	31.0	35.0	30.5	31.5	32.0	35.5
	Min. absolu.	16.0	16.0	16.6	15.5	12.0	10.0	8.0	9.0	10.0	13.0	15.0	12.0
Farafangana . . .	Maxima.	31.2	30.9	30.0	29.1	26.8	25.5	24.7	25.9	26.6	28.3	29.3	30.1
	Minima.	22.1	22.5	22.2	20.4	17.7	15.6	15.7	16.0	17.5	19.6	21.4	21.9
Max. 37.9 déc. 1922.	Amplitude.	9.1	8.4	7.8	8.7	9.1	9.9	9.0	9.9	9.1	8.7	7.9	8.3
Min. 7.0 août 1922.	Max. absolu.	35.5	37.5	33.7	33.5	30.7	28.5	30.0	31.9	36.4	37.0	36.5	37.9
	Min. absolu.	17.0	18.8	19.0	15.0	14.5	14.5	10.0	1.0	11.3	13.5	16.5	18.0
Fort-Dauphin. . .	Maxima.	29.8	29.1	28.6	27.1	25.0	23.8	23.4	23.6	24.6	25.7	27.8	29.4
	Minima.	22.0	22.3	21.7	20.0	18.1	16.6	15.6	16.2	17.1	18.3	20.0	21.2
Max. 36.0 janv. 1915.	Amplitude.	7.8	6.8	6.9	7.1	6.9	7.2	7.8	7.4	7.3	7.4	7.8	8.2
Min. 10.0 août 1917.	Max. absolu.	36.0	35.5	33.3	32.0	31.2	28.8	29.0	29.6	28.8	31.1	34.0	33.4
	Min. absolu.	19.0	14.0	18.4	13.0	12.0	11.0	11.0	10.0	11.6	12.5	14.0	17.5
Tulear.	Maxima.	33.3	31.9	31.9	31.4	28.9	27.1	27.0	26.6	28.3	29.7	30.9	32.6
	Minima.	22.0	21.7	20.4	18.0	16.0	16.1	14.5	14.4	16.2	18.4	20.4	21.4
Max. 42.0 fév. 1912.	Amplitude.	11.3	10.2	11.5	13.4	12.9	11.0	12.5	12.2	12.1	11.3	10.5	11.2
Min. 6.0 août 1908.	Max. absolu.	40.0	42.0	40.0	39.0	37.0	35.0	35.0	35.0	35.0	36.5	38.5	40.0
	Min. absolu.	13.0	12.0	13.0	10.0	9.0	8.0	6.5	6.0	7.5	10.0	12.0	12.0
Morondava. . . .	Maxima.	32.6	33.1	32.6	32.2	30.2	28.7	29.1	29.0	30.0	31.7	32.5	33.0
	Minima	22.4	22.3	21.5	19.3	16.0	13.8	13.8	14.4	16.7	19.8	21.1	22.0
Max. 44.0 janv. 1907.	Amplitude.	10.2	10.8	11.1	12.9	14.2	14.9	15.3	14.6	13.3	11.9	11.4	11.0
Min. 7.0 1905-06-11.	Max. absolu.	44.0	41.0	42.0	38.0	39.0	36.0	39.0	37.0	37.0	40.0	41.0	43.0
	Min. absolu.	16.0	15.9	15.3	12.0	9.0	7.0	7.0	7.0	10.0	14.0	13.0	18.0

TABLEAU 22 *(suite)*. — **Températures maxima et minima à Madagascar.**

		JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.
Majunga	Maxima.	31.4	30.8	31.4	32.1	30.0	28.3	28.3	29.0	30.6	31.4	32.0	31.7
	Minima.	23.9	23.9	24.4	25.0	23.4	20.2	20.0	20.0	21.0	22.4	24.0	24.0
Max. 38.5 oct. 1908.	Amplitude.	7.5	6.9	7.0	7.1	6.6	8.1	8.3	9.0	9.6	9.0	8.0	7.7
Min. 15.5 août 1910.	Max. absolu.	37.9	35.6	37.6	37.0	35.3	33.8	33.6	35.1	36.5	38.5	38.3	37.6
	Min. absolu.	19.9	19.4	20.5	21.0	18.5	16.0	17.0	15.5	18.2	19.0	20.0	20.0
Analalava	Maxima.	32.2	31.7	32.5	33.4	33.8	32.1	31.8	32.4	32.1	33.4	32.7	32.5
	Minima.	23.1	22.1	22.9	22.1	21.3	19.8	19.3	19.4	20.1	21.5	22.0	22.9
Max. 39.4 s.-oct. 1902	Amplitude.	9.1	9.6	9.6	11.3	12.5	12.3	12.5	13.0	12.0	11.9	10.7	9.6
Min. 13.2 sept. 1916.	Max. absolu.	39.1	37.5	36.7	37.8	37.5	38.8	35.6	37.5	39.4	39.4	38.0	39.0
	Min. absolu.	18.3	17.1	16.8	15.0	14.8	14.2	13.5	14.0	13.2	15.3	16.0	17.5
Nosy-Bé	Maxima.	30.1	30.1	30.2	29.4	28.8	27.9	27.9	27.8	28.6	29.0	30.4	30.6
	Minima.	22.7	23.0	23.2	22.8	21.8	20.8	19.7	19.8	20.6	20.5	22.5	22.9
Max. 35.2 janv. 1905.	Amplitude.	7.4	7.1	7.0	6.6	7.0	7.1	8.2	8.0	8.0	8.5	7.9	7.7
Min. 12.8 août 1907.	Max. absolu.	35.2	33.2	33.8	32.3	31.5	30.5	32.6	31.2	32.0	33.0	35.0	34.1
	Min. absolu.	16.0	15.2	16.0	14.6	15.0	13.4	13.0	12.8	14.0	15.0	16.0	16.0
Mandritsara	Maxima.	28.5	29.5	29.2	27.8	26.7	24.5	24.4	23.7	27.3	28.2	29.4	29.3
Altitude 600 m.	Minima.	20.3	20.0	19.7	18.6	16.7	15.7	14.0	13.4	15.1	16.3	18.2	19.3
Max. 38.0 en 1923.	Amplitude.	8.2	9.5	9.5	9.2	10.0	8.8	10.4	10.3	12.2	11.9	11.2	10.0
Min. 7.0 août 1925.	Max. absolu.	38.0	36.5	37.0	33.5	31.5	32.0	32.0	31.0	36.0	38.0	37.2	35.5
	Min. absolu.	12.5	14.0	16.0	12.0	13.0	8.5	7.5	7.0	9.5	11.0	14.0	14.5
Mævatanana	Maxima.	33.5	33.0	33.7	34.0	33.3	30.1	32.4	32.7	34.5	35.5	35.8	34.7
Altitude 60 m.	Minima.	23.8	22.9	22.8	22.9	20.7	18.9	18.6	18.7	20.3	22.7	24.2	24.1
Max. 43.0 oct. 1901.	Amplitude.	9.7	10.1	10.9	11.1	12.6	11.2	13.8	14.0	14.2	12.8	11.6	10.6
Min. 11.0 mai 1925.	Max. absolu.	39.0	40.0	41.0	38.0	38.0	36.0	37.0	37.0	41.0	43.0	42.0	42.0
	Min. absolu.	18.0	16.0	12.0	13.0	11.0	12.0	14.0	12.0	14.0	15.0	15.0	20.0
Marovoay	Maxima.	33.1	32.5	33.3	32.8	33.0	32.7	31.6	32.9	34.0	35.6	36.5	33.6
Altitude 85 m.	Minima.	23.0	23.1	23.1	21.2	18.4	16.4	16.3	16.3	18.3	20.5	21.9	22.5
Max. 40.5 nov. 1904.	Amplitude.	10.1	9.4	10.2	11.6	14.6	16.3	15.3	16.6	15.7	15.1	14.6	11.1
Min. 10.2 juin 1905.	Max. absolu.	38.0	38.8	39.4	36.0	35.6	34.5	34.5	36.5	38.2	39.5	40.	37.5
	Min. absolu.	20.0	21.5	19.4	17.5	15.0	10.2	12.0	13.0	14.0	16.0	18.0	20.0
Antsirabé	Maxima.	25.6	25.4	25.4	24.7	23.1	21.5	21.0	22.1	24.6	27.4	26.6	25.7
Altitude 1,512 m.	Minima.	12.9	12.9	12.1	10.6	6.9	4.0	3.4	4.1	6.1	8.2	10.6	12.3
Max. 37.0 nov. 1907.	Amplitude.	12.7	12.5	13.3	14.1	16.2	17.5	17.6	18.0	18.5	19.2	16.0	13.4
Min. — 8.6 août 1915.	Max. absolu.	34.0	33.0	35.5	34.0	29.0	30.0	25.4	29.5	36.5	35.0	37.0	32.0
	Min. absolu.	7.0	7.0	4.2	1.0	−0.2	−8.0	−6.0	−8.6	−7.0	0.0	2.4	6.0
Betroka	Maxima.	31.9	31.8	31.8	29.3	26.9	25.4	25.3	26.4	29.9	30.7	31.6	32.7
Altitude de 795 m.	Minima.	18.3	18.1	16.7	15.3	11.9	9.7	9.6	11.2	13.5	15.7	18.3	18.9
Max. 40.0 en 1919.	Amplitude.	14.6	13.7	15.1	14.0	15.0	15.7	15.7	15.2	16.4	15.0	13.3	13.8
Min. + 1° 1917-21.	Max. absolu.	40	37	38	39	34	31	33	39	37	40	38	39
	Min. absolu.	11.0	13.0	10.4	8.0	2.0	1.0	1.0	4.0	6.0	8.0	10.0	11.0

Pour l'ensemble des stations.
Maximum absolu + 44° à Morondava en janvier 1907.
Minimum absolu — 8°.6 à Antsirabé en août 1915.
On a observé — 10°.0 dans l'Ankaratra le 29 juin 1925.

La valeur des minima absolus indiquée dans ce tableau présente des chiffres qui peuvent paraître excessifs pour les stations de la côte. Des avaries de thermomètre à minima restent possibles.

A Mævatanana, Marovoay, centre thermique, et à Majunga maximum relatif de 32°, différant à peine de 0°.1 de la valeur la plus haute : raison probable, la sécheresse, car la saison des pluies est plus tardive. Le sol continuera à s'échauffer encore sous l'action des rayons du soleil; la température moyenne montera car les minima seront moins profonds; la chaleur se fera plus pénible parce que plus humide, mais le thermomètre à maxima montre déjà une régression à partir de décembre.

En décembre à Diégo, Nosy-Bé, retardés par l'air marin, et à Betroka, sur les pentes Sud du plateau central. Par contre beaucoup de stations ont un recul léger, imputable aux pluies.

En janvier pour la côte Est, de Tamatave à Fort-Dauphin, et au Sud-Ouest pour Tulear. La pluviosité extrême de ce mois amène une inflexion des variations dans toutes les autres stations. Celles de la montagne sont toutes en régression définitive mais les températures moyennes y marquent leur point supérieur, sous l'action des minima, le sol se refroidissant moins pendant la nuit.

En février Mandritsara au Nord du plateau, Morondava sur la côte Ouest. Sur le littoral oriental, les valeurs restent les mêmes qu'en janvier à Tamatave, et un peu plus fortes à Vohémar, mais les postes de latitude plus méridionale ont reculé. Le soleil est déjà fortement revenu vers le Nord.

En mars maximum au Nord pour Diégo-Suarez, Vohémar, Nosy-Bé. Les pluies commencent à diminuer partout; le relèvement du thermomètre à maxima est notable dans toutes les stations du foyer chaud de l'Ouest, Majunga, Marovoay, Mævatanana, Analalava.

En avril maximum absolu à Majunga, maximum relatif dans toute cette même région thermique, coïncidant avec le retour de la sécheresse, déjà complète en plusieurs endroits de l'Ouest.

Les maxima moyens les plus bas sont atteints presque partout en *juillet* : le soleil est au solstice d'hiver au 21 juin, et le refroidissement du Sud n'est pas instantané; le retard s'avère encore ici de quatre à cinq semaines. La différence entre juin et juillet est assez faible dans quelques endroits. A Farafangana le minimum serait même en juin.

En août la température des nuits ne remonte guère : en fait si la division du temps s'opérait suivant un calendrier plus rationnel, la période comprise entre le 15 juin et le 15 août accuserait sans doute partout le froid extrême; mais pour vérifier ce détail il faudrait des loisirs qui nous ont manqué jusqu'ici. A l'appui de cette remarque on pourrait signaler encore que dans plus d'un endroit surtout au Nord, les maxima moyens de la journée sont plus bas en août qu'en juillet.

Les dates des maxima et minima absolus n'ont pas grande importance, assez irrégulières d'une année à l'autre, elles sont conditionnées par des variations passagères sans influence réelle sur l'ensemble. L'agriculture pourrait seule avoir à s'en préoccuper dans les cas particuliers, dont l'examen sort des limites de notre programme d'études.

§ 3. VARIATIONS ACCIDENTELLES DE LA TEMPÉRATURE

Nous sommes assez mal renseignés sur ces variations. On peut dire qu'en saison des pluies toute remontée de l'anticyclone amène une période de sécheresse relative, avec belles journées et amplitude plus grande des écarts thermométriques entre le jour et la nuit. A Tananarive ces hautes pressions s'accompagnent de vent d'Est, et d'un cortège de nuages bas empruntés à la forêt orientale.

Ces stratus disparaissent si le baromètre vient à baisser; l'air est plus clair le matin, mais les orages reprennent alors après-midi, l'arrivée de la pluie fait descendre le thermomètre dans la soirée. Ces petites variations seraient surtout intéressantes pour l'aviation, à cause du lien qui les rattache à la visibilité verticale.

Le Père Colin croyait à une influence de la nouvelle et de la pleine lune sur les changements de temps : nous renvoyons ces remarques à un chapitre spécial (voir appendice 2).

En comparant la manière dont les vagues de froid ou de chaleur se transmettent entre Tananarive et le sommet du Tsiafajavona, le Père Colin constatait que sur 50 observations la station la plus élevée était en avance 10 fois, soit dans 20 p. 100 des cas, en coïncidence 17 fois, c'est-à-dire 34 p. 100, en retard 23 fois, soit 46 p. 100.

La propagation verticale serait donc relativement lente.

Pour les phénomènes discutés en Europe, comme l'été de la Saint-Martin, attribué au passage des Léonides, Tananarive l'observerait du 7 au 12 novembre et l'Ankaratra l'aurait aux mêmes dates; enregistrement analogue pour les Perséides, du 10 au 13 août en Europe, du 10 au 15 à Madagascar. Le refroidissement dit des Saints de Glace dans le Nord de la France, ou des quatre cavaliers dans le midi, serait entre le 23 avril et le 3 mai en Europe, du 26 avril au 1er mai à Madagascar. Il y aurait encore baisse dans l'hémisphère Nord du 11 au 13 mai, dans le Sud du 13 au 15.

Six mois après le réchauffement attribué aux Perséides, on noterait ici un refroidissement net du 7 au 15 février, en pleine saison chaude.

L'action des astéroïdes ne serait donc pas entièrement négligeable.

CHAPITRE IX

LES VENTS A MADAGASCAR

§ 1. CIRCULATION GÉNÉRALE

Il existe une étroite interdépendance entre la pression atmosphérique, la température et le vent. Ayant reconnu à l'alizé du Sud-Est un rôle considérable dans la répartition des zones climatériques à Madagascar nous abordons, sans attendre davantage, l'étude des phénomènes de la circulation aérienne.

Dans ce chapitre nous emprunterons au Père Colin le bagage d'observations de détail, sans retenir la terminologie imprécise de notre auteur, trop embarrassée d'acceptions locales, et nous référant pour l'explication d'ensemble, à des exposés plus modernes que nous estimons plus exacts.

L'action de la pression atmosphérique sur le vent est connue : le vent au sol souffle des régions où le baromètre est haut vers celles où le baromètre est bas; les isobares ont cette analogie avec des courbes de niveau

topographiques : elles entourent des sommets anticycloniques comme elles feraient des montagnes; autour des basses pressions elles jalonnent un creux, et le terme *dépression* s'applique dans le langage courant à l'atmosphère comme au sol.

Regrettons en passant que notre langue française n'ait pas adopté pour les anticyclones un vocable aussi expressif, aussi imagé que pour les basses pressions. Notre « dépression » correspond bien au « Low » des Anglo-Saxons, mais le mot nous manque pour traduire le « High » de la situation opposée.

Donc là où nous trouverons un centre de basses pressions les vents convergeront vers ce centre dans un vaste tourbillon, où s'affirme la déviation due au mouvement de la terre, la rotation du tourbillon ayant lieu dans le sens des aiguilles d'une montre pour notre hémisphère australe. L'anticyclone n'est pas à proprement parler un tourbillon; on le représenterait mieux sous forme d'une masse peu mobile, une sorte de massif aérien, d'où s'échappent des vents divergents déviés en sens inverse des précédents.

Une première application vient immédiatement à l'esprit : pendant l'hiver austral, juillet, l'anticyclone comprend une bonne partie de Madagascar. Le vent de Sud-Est est renforcé pour toute la face Nord de ce centre de hautes pressions; il dévie vers l'Est puis vers le Nord-Est lorsqu'on longe les isobares en allant vers l'Afrique. La pente est assez raide vers le centre de dépression saisonnier que nous avons signalé au Nord-Ouest de Madagascar : d'où accélération de vitesse du vent sur ces pentes, et convergence vers ce centre. Pendant l'été malgache, l'anticyclone s'est retiré d'une part sur l'Afrique australe continentale, d'autre part sur l'Océan Indien au Sud des Mascareignes. Les vents qui en divergent sont affaiblis, irréguliers. Par contre sur le foyer thermique que forme la partie Ouest et surtout Nord-Ouest de Madagascar, les vents affluent du dehors. Suivant la loi bien connue, et le schéma reproduit d'après Hann par tous les météorologistes, les vents sont Nord-Ouest sur la partie Nord des isobares encerclant le centre, Sud-Ouest sur leur face Ouest ou africaine, Sud-Est le long du contour Sud, partie du Sud

de Madagascar, Nord-Est sur le contour Est, côte Nord-Est de Madagascar.

Si nous voulons pénétrer plus avant dans l'intelligence de cette circulation aérienne, qui se manifeste à nous sous forme de vents, laissons là les pressions, et recourons aux températures. Lorsqu'il a été question de l'origine thermique des cyclones, nous remarquions que toute masse d'air échauffée, plus échauffée que les couches voisines, avait tendance à s'élever, à laisser un vide, et à créer ainsi un foyer d'appel. Au-dessus d'un pôle de froid le phénomène inverse aura lieu : échappement divergent d'air refroidi et dense, appel par en haut. On reconnaît ici, sans que nous ayons invoqué l'influence d'une pression, tout l'essentiel de la constitution des cyclones et anticyclones : cyclones, air chaud qui s'élève, appel convergent des couches inférieures, pressions basses; anticyclone, fuite de l'air froid divergeant vers la périphérie, appel par le sommet, pression barométrique élevée.

Que deux contrées voisines éprouvent des variations inégales ou même opposées, et l'échange s'établit. Ce sera le cas des *brises alternées de terre et de mer.* Qu'une masse continentale vienne à s'échauffer fortement et longuement, et aussitôt elle constitue un actif centre d'appel, dont l'action pourra se répercuter d'autant plus loin que la chaleur atteinte est plus forte, d'autant plus longtemps que ce déséquilibre dure une saison entière, et la résultante est un *vent de mousson.*

Appliquons ceci à l'Océan Indien. Toute l'année un courant d'air froid se dirige de la ceinture des hautes pressions voisines du Tropique, pour affluer vers l'Équateur thermique. Ce courant permanent dans sa direction, verra ses limites se déplacer vers le Nord ou vers le Sud suivant que se déplaceront eux-mêmes l'Équateur thermique, qu'il vise, et la large bande anticyclonique d'où il est issu.

Pour la zone de latitudes qui nous occupe, de 10° à 25° Sud le vent souffle à peu près constamment du Sud-Est. Il est relativement froid et son parcours entièrement océanique lui conserve un degré d'humidité élevé. Nous disons plus loin les modifications locales qu'éprouvera ce

vaste fleuve aérien en rencontrant les obstacles de la côte et des montagnes. C'est l'*alizé.*

L'Inde et l'Asie centrale, le Thibet, etc., forment une surface continentale surchauffée par les ardeurs du soleil pendant les mois de juin, juillet, août, l'été boréal. Un véritable déséquilibre se produit ainsi, périodiquement, dans la circulation qui amène par étapes l'air froid du tropique vers l'équateur, l'air chaud équatorial vers les tropiques. L'air afflue du Nord, du Sud et surtout de l'Océan Indien, pour remplacer les flots soulevés par la convection. Le courant s'établit jusqu'à des distances aussi énormes que la cause dont ils émanent. L'alizé du Sud-Est franchit l'Équateur, subit une nouvelle déviation, toujours à cause de la rotation terrestre et par vagues de Sud-Ouest, la mousson envahit l'Inde. C'est notre saison d'hiver : elle sera donc caractérisée par un renforcement très mesurable de l'alizé : anticyclone plus fort et plus septentrional (nous avons dit qu'il suit le soleil dans sa marche et le soleil est voisin du solstice au Nord), appel énergique vers un foyer de dimensions très grandes.

Arrive maintenant le changement de saison. Le soleil s'approche du tropique austral, l'anticyclone recule vers le Sud, l'Asie refroidie laisse échapper l'air dense, le baromètre monte là à des maxima que Madagascar ne connaît pas. Un centre thermique actif existe en Afrique australe, un foyer plus faible, mais bien net, se forme sur la partie Nord-Ouest de Madagascar. C'est vers eux maintenant que les vents affluent, qu'ils tournent suivant le sens des aiguilles d'une montre autour des basses pressions. En décembre, janvier, février, notre île connaîtra à son tour *sa mousson.* Cette mousson est plus faible évidemment que sa sœur indienne; elle n'est qu'une cadette, comme notre Ankaratra ou notre Tsaratanana sont d'humbles petits frères de l'Himalaya. Sur le canal de Mozambique, suivant les principes qu'on vient d'énoncer, les vents seront surtout Nord-Ouest à Majunga ou aux Comores, Nord à Diégo-Suarez, Nord-Est jusqu'au cap Masoala ou Tamatave, Ouest à Sud-Ouest du cap Saint-André au cap Saint-Vincent, Sud-Est dans la région de Fort-Dauphin. Et voilà, sans plus amples discussions, l'éco-

nomie générale de la circulation des vents à Madagascar en été et en hiver.

Ils sont donc conditionnés par les modifications qu'éprouve l'*alizé*, du fait du mouvement apparent du soleil et de la température asiatique, de l'avance ou du recul des frontières entre lesquelles il circule, anticyclone tropical, équateur thermique; puis de *la mousson* locale qui se forme vers le grand foyer africain et le plus modeste foyer malgache.

Il reste maintenant à exposer les fluctuations successives des courants aériens entre ces deux termes opposés, leurs déviations particulières, et le jeu des brises de terre et de mer : c'est l'objet du second paragraphe.

§ 2. CIRCULATION SAISONNIÈRE ET LOCALE

I. Brises de terre et de mer. — Pendant la journée, sous l'action des rayons solaires, la terre s'échauffe et rayonne la chaleur plus vite que ne fait la mer; la nuit au contraire, la terre perdant plus vite sa chaleur, un nouveau déséquilibre se montre en sens contraire du précédent.

Le foyer chaud appelle les vents de surface : donc aux heures de plus grand soleil, l'air viendra de la mer vers la terre; aux heures de nuit complète, l'air inférieur se dirige de la terre vers la mer. Bien entendu entre chaque renverse de courant on notera un intervalle de calme. De plus le circuit se fermera à une certaine altitude par un courant de retour. Cette alternative bien connue, chantée par les poètes parfois à contresens de la réalité, limitée dans ses échanges par des différences de température assez restreintes, limitée dans le temps par la brève durée quotidienne du déséquilibre thermique, ne peut avoir qu'une influence purement locale. Il suffit d'une part de s'enfoncer de quelques kilomètres à l'intérieur des terres pour cesser de la ressentir, comme d'un autre côté, en s'élevant de 300 mètres au-dessus du sol on la survolerait.

Si la situation atmosphérique est troublée, si les vents généraux sont forts, si le réchauffement est faible, l'une ou l'autre des phases ou les deux seront masquées, et le cas se présente assez souvent. Brise de mer

normale à la côte, donc à peu près Est entre Diégo et le cap Masoala, plutôt Sud-Est de Sainte-Marie à Fort-Dauphin, Ouest entre les caps Saint-Vincent et Saint-André, Nord-Ouest du cap Saint-André au cap d'Ambre, voilà ce qu'on devrait trouver avec renversement nocturne complet, si l'on pouvait jamais observer le phénomène à l'état pur. Les périodes de calme dureraient quelques trois heures le matin avant 9 ou 10 heures, et autant la nuit aux heures correspondantes.

En réalité, sur la côte Est à peu près entière, on voit que les directions de brises de mer seront peu différentes de celles qu'avait déjà l'alizé auquel elles se superposent. La brise de mer consistera surtout en une augmentation d'intensité, en terme de marine elle sera plus fraîche, avec, en certains points, une petite modification locale de direction. (Par exemple auprès de la pointe Hastie à Tamatave, on pourra ressentir une brise Sud-Ouest.)

La brise de terre comporterait alors un affaiblissement de l'alizé, dans l'étroite bande côtière où son effet est perceptible l'alizé de Sud-Est ou Est mollira.

Sur la côte Sud-Ouest de Madagascar, où l'alizé ne parvient en surface qu'après un détour, l'effet de la brise de mer sera de donner du vent d'Ouest, ou un vent entre Sud et Ouest.

On reconnaît une ligne de partage assez nette à la hauteur du cap Saint-André; à partir de ce point la côte malgache s'infléchit vers le Nord-Est. La brise de mer y serait normalement Nord-Ouest; en saison fraîche elle se montrera faible, combattue presque directement par l'alizé qui descend des hauteurs, tandis que la brise de terre aurait tendance à faire fraîchir l'alizé pendant la nuit; en saison chaude, la brise de mer vient directement renforcer la mousson, et donnera donc un clapotis qui pourra être gênant pour des mouvements d'embarcations en rade, particulièrement à Majunga; la nuit, la brise de terre ne sera guère perçue.

A Nosy-Bé, le port de Hellville, abrité par la grande terre à l'Est, par l'île à l'Ouest, aura surtout une brise de terre de Nord-Est le matin, une brise de mer de Sud-Ouest l'après-midi.

Il n'y a pas lieu de s'appesantir davantage sur ces brises météorologiquement peu importantes, et qui n'offrent guère d'intérêt que pour le petit cabotage des boutres et goélettes, ou surtout pour les va-et-vient entre la terre et un bâtiment au mouillage.

II. Régime d'hiver. Vent alizé. — Nous l'avons décrit sommairement en parlant des causes générales d'établissement des vents à Madagascar. L'anticyclone englobe une forte partie de l'île, le centre de basses pressions a reculé au Nord. C'est le règne de l'alizé de Sud-Est.

Il rencontre sur son parcours la masse allongée et montagneuse de l'île, qui lui barre la route. On sait que ce courant aérien est épais, et relativement homogène; son sommet s'abaisse jusqu'au niveau de la mer vers le trentième parallèle; en abordant Fort-Dauphin il doit monter déjà jusqu'à près de 2,000 mètres, dépasser 2,000 à Tamatave, et encore plus à Diégo-Suarez. On peut donc affirmer que les montagnes de Madagascar ne l'arrêteront pas. Seulement ses couches inférieures seront déviées le long de la côte, et partout, en gravissant les pentes, elles abandonneront largement la vapeur d'eau dont elles sont saturées. Échauffées et desséchées en partie dans ce trajet, elles redescendront vers la côte Ouest sans l'arroser. Donc, première conséquence de leur rencontre avec Madagascar, les masses aériennes de l'alizé arroseront la côte orientale en la refroidissant, donneront copieusement la pluie aux parties plus exposées des arêtes faîtières, mêleront de vapeur d'eau non condensée l'air des hauts plateaux, passeront à sec sur l'Ouest de Madagascar.

Pour le point de vue plus particulier du présent article, les rives inférieures du fleuve, en heurtant perpendiculairement la côte malgache, doivent se détourner de leur route, s'infléchir de part et d'autre. Ainsi font déjà les courants marins; on devine que le courant marin qui vient lui aussi, et pour cause, parallèlement à l'alizé, se divisera au contact du rivage.

L'analogie ou mieux la ressemblance est grande entre ce courant et celui que l'on voit rejoindre vers Brisbane la côte orientale d'Australie, celui surtout de l'Atlantique Sud, qui atteint le Brésil vers le cap San Thomé, au Nord de Rio de Janeiro. Pour ce dernier comme pour celui

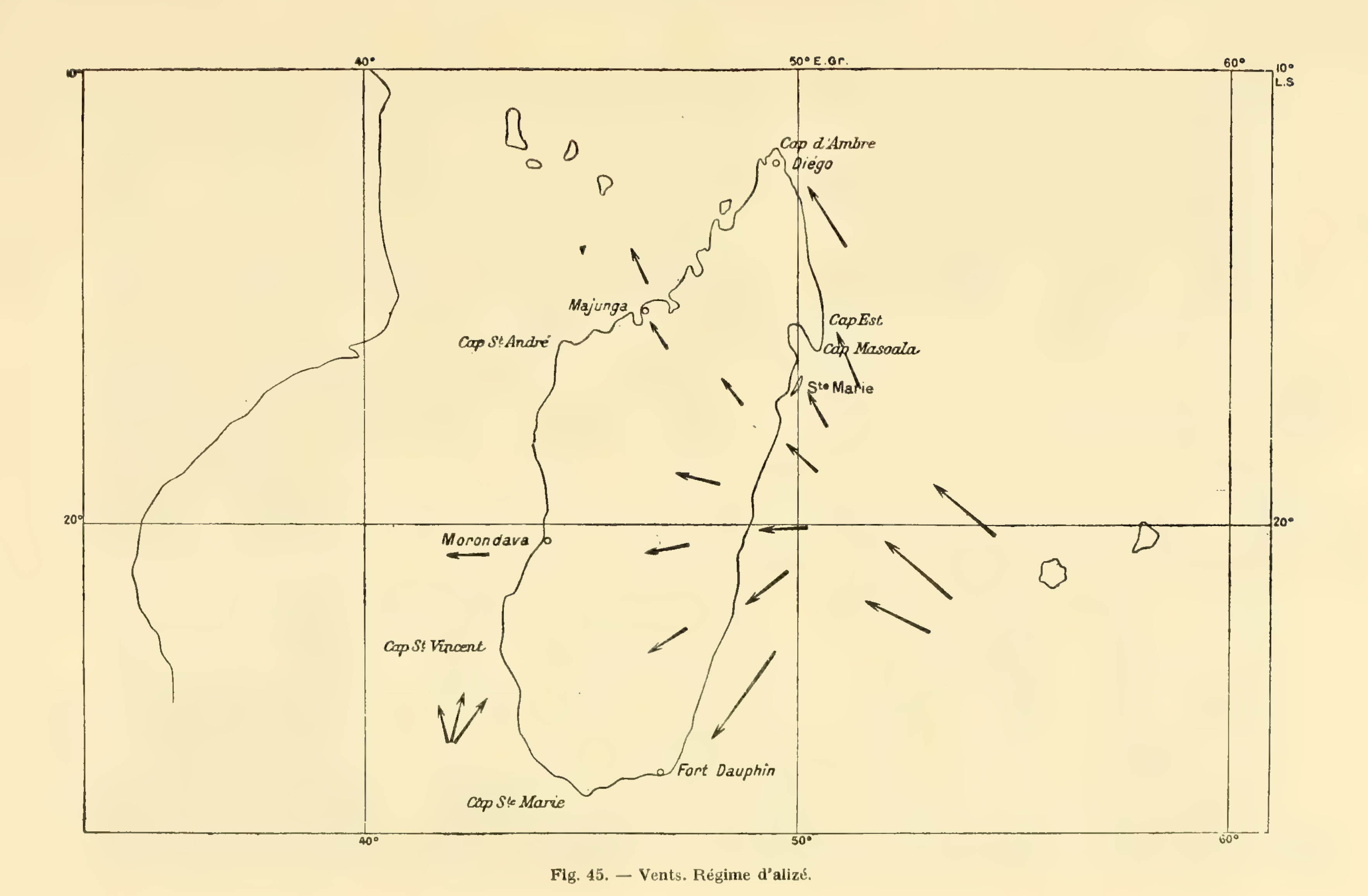


Fig. 45. — Vents. Régime d'alizé.

de Madagascar, le littoral s'incline du Nord-Est au Sud-Ouest, et les branches déviées des fleuves se ressembleront d'autant plus :

L'alizé de surface se divise donc en deux parties, l'une remontant vers le Nord pour contourner l'obstacle, l'autre descendant vers le Sud. Au Brésil cette bifurcation a lieu à partir du 23°; à Madagascar c'est par 21° environ, c'est-à-dire de Mananjary à Fort-Dauphin, que l'alizé obliquant vers le Sud souffle maintenant du Nord-Est. Ces vents deviennent plus stables dans leur direction et plus frais lorsqu'on approche du Sud de l'île. Ils sont connus des marins sous le nom de *Brises de Fort-Dauphin*, et produisent sur la mer un courant qui porte au Sud. Brises et courants sont forts quand l'alizé est bien établi. On pourrait s'y attendre puisque la déviation du vent produite par la côte Est est de même sens que celle qui est due à la forme des isobares d'anticyclone. Les effets s'additionnent.

Aux mois de juillet et août la limite inférieure de l'alizé correspond au centre des hautes pressions qui se trouve par environ 24° de latitude Sud, c'est-à-dire au voisinage du tropique du Capricorne. Dans le Nord attiré par les chaleurs de l'Inde et de l'Asie centrale, l'alizé franchit l'Équateur et se mêle à la mousson hindoue de Sud-Ouest. Donc Madagascar est entièrement inclus dans le domaine de l'alizé qui connaît à cette époque son maximum d'extension et d'intensité.

La bifurcation dont nous venons de parler s'opère au large de Vatomandry et de Tamatave. Dans cette partie du littoral il faut donc s'attendre à de petites variations dans la direction du vent, tantôt Nord-Est, tantôt Est. A partir de la latitude de Sainte-Marie on aura surtout des vents Sud-Est. En montant vers Diégo, la brise augmente de force, pour des raisons analogues à celles signalées au Sud : la circulation de l'air autour du petit centre de basses pressions appelle aussi des vents de Sud-Est pour la région Vohémar Diégo. On trouvera par suite des brises de Sud-Est plutôt fraîches aux environs du cap d'Ambre, avec un courant portant au Nord ou au Nord-Ouest.

Dans l'intérieur de l'île, l'alizé traverse nos montagnes, que sa masse plus élevée submerge. On le sentira de Sud-Est dans la partie Nord de

l'île, d'Est à Est-Sud-Est à Tananarive, plutôt d'Est-Nord-Est à Fianarantsoa, et de Nord-Est dans la partie Sud du plateau.

Dans le canal de Mozambique l'alizé Sud-Est a traversé le Nord de Madagascar et s'entretient autour du centre de basses pressions. On le trouve comme direction dominante en juillet pour la région de Majunga. Après lui le vent le plus fréquent est le Nord-Ouest, dit *vent de Mozambique*, que renforce la brise de mer diurne.

Plus au Sud Morondava connaît surtout les vents d'Est et presque autant ceux d'Ouest, la rotation s'effectuant vers le Sud.

Du cap Saint-Vincent au cap Sainte-Marie le Sud-Ouest domine, la presque totalité des brises étant comprises entre Sud-Ouest et Sud-Est, soit que l'alizé se fasse sentir en contournant le Sud de Madagascar, soit qu'un régime local s'établisse.

III. Régime de transition. Printemps. — A partir du mois de septembre, l'alizé austral ne traverse plus l'Équateur; il rétrograde, suivant la marche du soleil; sa bordure Nord est sensiblement le long de la ligne, sa frontière Sud redescend jusqu'au 25e parallèle, hauteur de Fort-Dauphin; c'est donc une réduction importante de la superficie qu'il couvre, mais Madagascar est entièrement dans cette superficie. A l'Est la bifurcation des courants a lieu vers Vatomandry qui observe tantôt le Sud-Est tantôt le Nord-Est. Les vents d'Est prédominent sur le plateau central.

Au Nord-Ouest de Madagascar, où le centre thermique devient actif, le régime des vents a changé. Majunga observe autant de vents de Nord-Ouest que de Sud-Est.

A Tulear on a 50 p. 100 de vents Sud-Ouest.

Au mois d'octobre la transition se fait plus marquée. La frontière Nord de l'alizé continue à descendre graduellement, et l'anticyclone qui l'alimente est refoulé par le soleil vers le Sud. En même temps sa force mollit peu à peu dans les pays malgaches. Mais le centre d'action local de Madagascar s'affermit : autour de ce foyer un régime cyclonique progresse qui aura son maximum en janvier.

Sur la côte Est de Madagascar on a toujours des brises de Nord-Est

entre Mananjary et Fort-Dauphin. Mais entre Sainte-Marie et Diégo le vent est devenu Est-Sud-Est au lieu de Sud-Est : il a reculé de deux quarts vers le Nord. Tamatave et Vatomandry sont dans la zone intermédiaire.

La mousson de Nord-Ouest continue de plus en plus à s'établir entre le cap Saint-André et Nosy-Bé; désormais Majunga et Analalava ne sentent plus que rarement les derniers souffles de Sud-Est.

La circulation se complète : Maintirano et Morondava ont surtout des vents d'Ouest, et Tulear du Sud-Ouest.

Sur le plateau central les premiers orages se produisent vers la seconde partie d'octobre : ils coïncident avec l'arrivée de vents d'Ouest à Nord-Ouest : le vent de Majunga fournit les orages du plateau.

IV. Régime de saison chaude. Mousson de Nord-Ouest. — En novembre l'alizé recule toujours : nous le trouvons au Nord par 7 ou 8° de latitude, au Sud par 25° 5 environ, mais l'anticyclone s'est écarté de Madagascar vers le Sud-Est.

L'adversaire, la mousson de Nord-Ouest, s'étend maintenant jusqu'à Morondava, et la circulation malgache en dépend. Donc pour la côte Ouest, mousson; à Morondava, sa frontière, le vent est surtout Ouest.

A Tulear le Sud-Ouest domine moins franchement : le pourcentage des brises de Nord-Ouest à Nord augmente.

La côte Sud-Est ressent toujours les brises de Fort-Dauphin (Nord-Est). Mais de Tamatave à Diégo les vents sont maintenant variables; tantôt l'Est-Sud-Est, qui est de l'alizé, tantôt le Nord-Nord-Est qui dépend de la mousson (voir ce que nous avons dit plus haut de la circulation générale autour du foyer thermique de Majunga).

L'origine équatoriale de ces vents de Nord-Est à Nord est bien visible dans leurs effets. Le Nord-Est originaire de l'alizé est froid, sain, humide sans très grosses pluies; le Nord-Est produit par la mousson est chaud, redouté pour la recrudescence de paludisme qui l'accompagne, non plus seulement humide, mais orageux, donnant des averses. D'où le dicton populaire à Tamatave : « vent du Nord, vent de mort. »

Décembre. — L'alizé d'Est-Sud-Est ne dépasse pas au Nord la latitude

du cap d'Ambre 12°; au Sud il atteint le cap Sainte-Marie, 26°; d'ailleurs l'Est-Sud-Est est plus rare à Diégo : on a surtout de l'Est, des calmes et les vents d'Ouest font leur apparition. Vohémar accuse maintenant un pourcentage croissant de vents Nord-Est, Nord et Nord-Ouest; les vents de mousson Nord-Est à Nord dominent à Tamatave et Vatomandry.

Le Plateau central a de l'air froid venu de l'Est, et surtout de l'air chaud soufflant d'Ouest à Nord-Ouest. Chaque soir l'orage — les orages — se forment presque immanquablement dans tout l'Ouest, du Nord au Sud, s'avancent vers l'Est, se mêlent, éclatent, se vident, et laissent pendant la nuit la provision d'air frais se renouveler après les pluies.

Janvier. — L'alizé est encore descendu plus au Sud, et pourtant le soleil a commencé son voyage de retour vers le Nord : signe que l'action du soleil sur la pression se fait par l'intermédiaire des variations de température, avec le décalage dans le temps dû à la lenteur des changements thermiques. On peut placer les rives de l'alizé à 15° et 28° de latitude Sud à Madagascar. Les auteurs admettent généralement pour ce mois 10° et 30° : la différence sur nos côtes tiendrait alors à l'influence du centre de basses pressions, foyer de chaleur du Boina; les chiffres 15° et 28° sont donnés par le Père Colin, nous ne les avons pas vérifiés.

La situation atmosphérique générale est celle que nous avons signalée en décembre : cependant un léger recul de mousson s'enregistre à Vatomandry, sur la côte orientale, où l'alizé reprend le dessus, et à Tulear au Sud-Ouest. L'importance des vents de Nord augmente à Morondava. Partout ailleurs ce sont les vents chauds dits équatoriaux, qui circulent autour de l'aire de basses pressions, alimentant copieusement les orages.

Février. — Nous ignorons sur quoi le Père Colin se base pour affirmer que les alizés atteignent en ce mois leur plus grande élongation de l'Équateur, soit 17° pour la limite Nord et 30° pour celle du Sud : personnellement nous n'émettons aucun avis sur ce point, qui ne peut guère être fixé par des observations malgaches.

Le régime de mousson continue, mais l'inspection des statistiques montre que la situation est très fréquemment altérée par les cyclones plus nombreux en janvier-février.

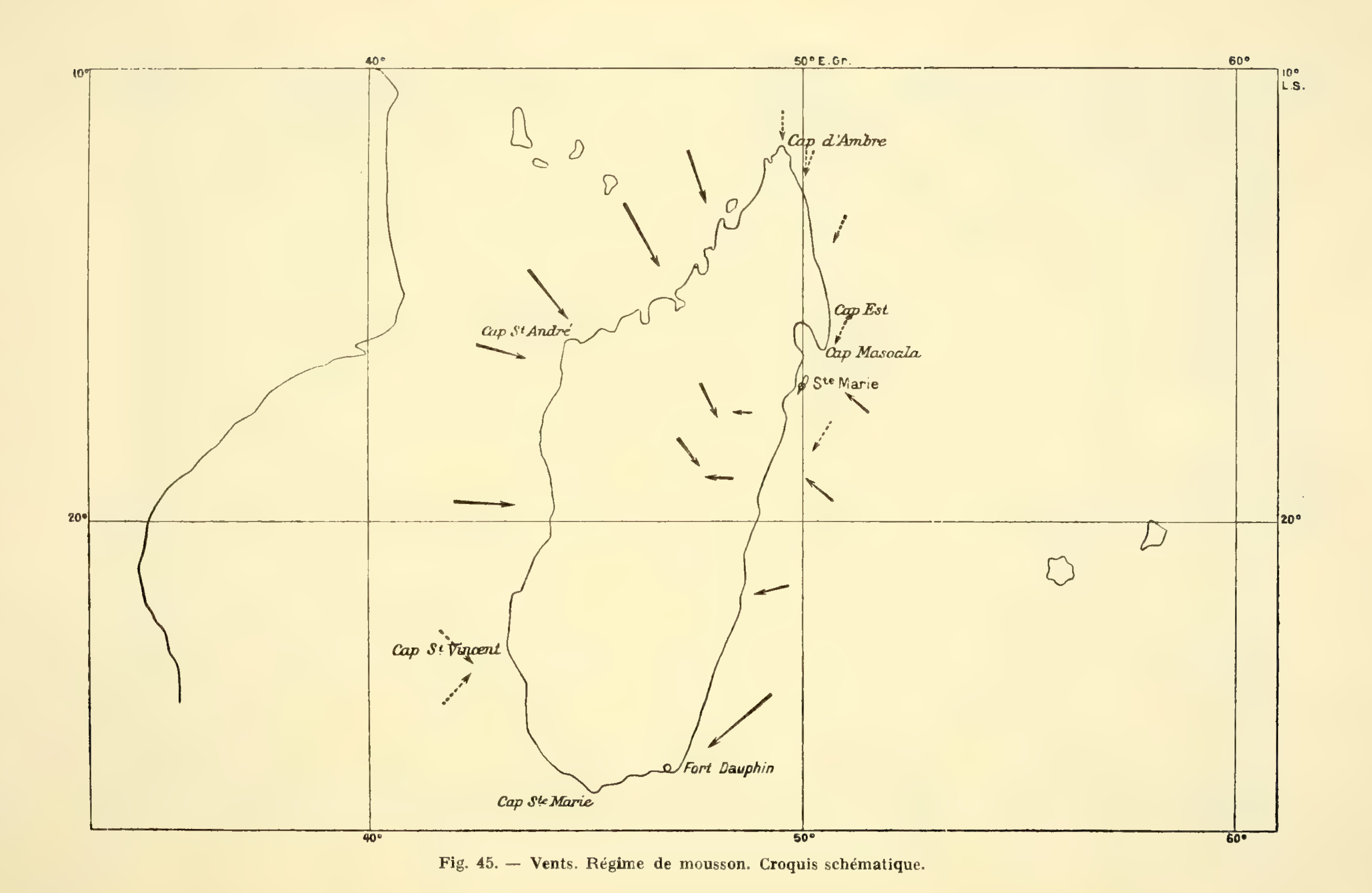


Fig. 45. — Vents. Régime de mousson. Croquis schématique.

V. Retour progressif au régime d'alizé. — Mars ressemble à octobre au point de vue de la circulation atmosphérique. L'alizé s'y tient entre les termes extrêmes de 10 à 12 au Nord 28 à 30 au Sud (le Père Colin indique 12° et 31°).

Les vents équatoriaux chauds et fiévreux de Nord-Est disparaissent peu à peu de la côte orientale.

L'alizé d'Est à Est-Sud-Est commence à Vatomandry, et tourne franchement au Sud-Est après le cap Masoala. Il lutte à Diégo avec les restes de mousson, et la résultante amène 27 p. 100 de calmes à cette époque de l'année. Il oblique comme toujours vers le Nord-Est froid pour la région de Fort-Dauphin, Mananjary et Farafangana sont plutôt zone intermédiaire.

Du cap d'Ambre à Majunga subsiste la mousson de Nord-Ouest, le Sud-Ouest domine à Morondava et Tulear, la direction médiane d'Ouest à Maintirano.

Avril. — L'alizé remonte jusqu'à 2° 30 de l'Équateur. Sa branche Nord redonne du Sud-Est de Vatomandry à Diégo. Vatomandry étant à peu près au sommet de la fourche, qui va jusqu'à Mananjary; les brises de Fort-Dauphin atteignent la force 4 de l'échelle de Beaufort. Le vent d'Ouest n'est plus sensible sur les plateaux, où les orages s'apaisent, et les pluies s'arrêtent. Les éclairs sont encore nombreux dans l'Ouest et le Nord-Ouest, la mousson lutte avant de céder la place.

Même situation en mai, plus franche cependant pour l'alizé qui approche de l'Équateur. L'anticyclone qui l'engendre remonte vers Madagascar. Les vents sur la côte Est sont à peu près perpendiculaires aux isobares.

En juin l'alizé se borne au Nord à l'Équateur, au Sud au cap Sainte-Marie; c'est, à l'intensité près, le régime d'hiver complet.

On voit par ces détails combien la circulation des vents est régulière à Madagascar, en harmonie complète avec le jeu des deux centres d'action, l'anticyclone et l'alizé, les basses pressions renforcées par le foyer thermique et la mousson.

On trouve dans plus d'un auteur une confusion étrange de termes qui

ne facilite pas pour le lecteur, l'intelligence des lois de cette circulation. Beaucoup surtout parmi les marins ou la population créole, persistent à donner à l'alizé le nom de *mousson de Sud-Est*; c'est une acception impropre. D'autres exagérant en sens contraire, lorsqu'ils parlent de la mousson de Sud-Ouest aux Indes l'appellent *alizé de Sud-Ouest* parce qu'elle absorbe en le modifiant le prolongement de notre alizé austral : autre manière de s'exprimer que nous estimons incorrecte; enfin ceux qui n'ont pas suivi l'évolution des idées et des recherches en météorologie, insistent pour appeler *contre-alizé de Nord-Ouest* notre mousson malgache. Il nous est impossible d'adopter cette terminologie, l'existence d'un contre-alizé à Madagascar quoique probable, ne nous paraissant pas prouvée jusqu'à ce jour, et désirant en outre éviter toute confusion quant aux altitudes où évolueraient ces courants.

Donc pour nous est *alizé* le vent produit sous l'action de l'anticyclone permanent dont nous avons décrit les déplacements. Cet alizé sera Sud-Est, et sur nos côtes s'infléchira par l'Est-Sud-Est, l'Est jusqu'au Nord-Est : la brise de Fort-Dauphin est une forme locale de l'alizé. Inversement nous avons appelé *mousson* le vent chaud, humide, orageux, en dépendance du centre de basses pressions et de hautes températures. Sa direction principale est Nord-Ouest; ses déformations locales sont surtout l'Ouest, le Nord et le Nord-Nord-Est à Nord-Est pour la côte orientale de Diégo à Vatomandry. Nul à Madagascar ne confondra, après l'avoir éprouvé, un vent de Nord-Est local issu de la mousson, avec des vents de Nord-Est de Fort-Dauphin, fils de l'alizé.

Renonçant à chiffrer les pourcentages de fréquences des vents dans les diverses stations de l'île, pour lesquelles d'ailleurs les procédés de mesure n'ont pas été homogènes, nous réservons au paragraphe suivant les chiffres notés à l'observatoire, au cours de longues années d'observations ininterrompues.

§ 3. LES VENTS A TANANARIVE

Les résultats groupés dans ce paragraphe proviennent de la totalisation des observations faites à l'observatoire pendant vingt-deux années.

Les instruments sont placés au sommet de la tour du Nord, au-dessus d'un petit belvédère octogonal : la tour domine la colline d'Ambohidempona, en pente douce vers le Nord, plus raide vers le Sud, abrupte vers l'Est et l'Ouest.

Anémomètres et girouettes se trouvent à 10 mètres au-dessus du sol, et bien dégagés, la direction la moins favorisée étant celle du Sud.

La girouette enregistre d'une manière continue, et l'on relève ses indications en se servant des seize caps de la rose des vents. Dans les tableaux qui vont suivre on tiendra compte des seules observations de jour (cinq entre 7 heures et 18 heures).

Deux anémomètres à moulinet Robinson voisinent avec la girouette. Le premier est à cadran totalisateur, lu à chacune des cinq visites de la journée. L'autre est enregistreur et permet d'avoir le détail des variations de vitesse du vent [1].

On regrette de donner ici des moyennes : elles sont peut-être plus haïssables, appliquées à un élément aussi capricieux. Du moins on s'abstiendra de chercher un vent résultant par la composition des directions : ce procédé est sans doute commode, mais il nous est difficile de comprendre ce que peut bien représenter le résultat d'une semblable opération. Si l'on cherche la fréquence, ou la direction la plus habituelle, la proportion des observations de chaque cap, ramenées au total commun de dix mille, sera aussi expressive, et un graphique traduira les chiffres du tableau.

I. Journée moyenne du vent. — Il est intéressant de rechercher comment se comporte habituellement le vent à Tananarive suivant l'heure de la journée, soit en direction, soit en force.

[1] On sait que les moulinets Robinson, doués d'une inertie notable, conviennent mal aux brises faibles (0 à 2 mètres par seconde).

Pour la force, on se servira des totaux des anémomètres.

Ils se répartissent comme suit :

TABLEAU 23. — **Vitesse moyenne du vent. Ensemble de l'année.**

De 7	heures à	9 heures	vitesse moyenne	10	kilomètres à l'heure =	2 m. 75	par seconde.
9	—	13	—	14	—	3 m. 90	—
13	—	16	—	17	—	4 m. 70	—
16	—	18	—	19	—	5 m. 30	—
18	—	7	—	11	—	3 m. 0	—

Un fait est bien certain : c'est qu'en toute saison la proportion des calmes est très forte à 7 heures du matin, se chiffrant par 21 p. 100 [1] ; le calme cesse dans la matinée, lorsque le sol s'est réchauffé progressivement. A 9 heures la proportion de calme n'est plus que 15 p. 100 et tombe brusquement ensuite, pour diminuer graduellement jusqu'au soir. A la tombée de la nuit le pourcentage de vent trop faible pour actionner les instruments est à peine de 3 p. 100. Il est vrai que ces chiffres sont des moyennes, et que les grains orageux de la saison des pluies, invariablement produits au cours de l'après-midi et de la soirée, interviennent dans les totaux. La progression du vent augmentant de vitesse au cours de la journée, pour revenir au minimum pendant la nuit est un phénomène de tous les mois de l'année. Les chiffres donnés la nuit ne correspondent guère à l'impression qu'auraient des témoins oculaires : il ne faut pas oublier que les orages ne sont pas toujours terminés à 18 heures au début de la saison des pluies et que le moment de leur éclat retarde peu à peu jusqu'à 22 heures, et parfois plus tard en fin de saison humide. Toutes leurs rafales de grains emballent le moulinet de l'anémomètre parfois jusqu'à 19 ou 20 mètres à la seconde, valeurs observées. Puis les vents de cyclone soufflent la nuit comme le jour, un peu atténués après le coucher du soleil si le cyclone est très éloigné, sans modification lorsque le centre est à 200 ou 300 kilomètres.

Ce bref résumé suffira pour donner une idée de l'intensité ordinaire de nos brises. Le météorologiste se contentera de cette indication.

L'industriel ou l'agriculteur qui voudraient pouvoir utiliser l'énergie gratuite du vent pour recueillir une force motrice, auraient besoin d'exposés plus détaillés : mais la faiblesse même de cette brise sur un

[1] Voir la note de la page précédente.

des points de la capitale malgache les plus exposés à tous les souffles, leur montrera que pour emmagasiner de l'énergie il faudrait disposer d'un appareil extrêmement sensible, donc probablement de très grande surface, et en même temps susceptible d'être mis à l'abri de rafales de 20 à 45 mètres, les premières assez fréquentes en temps de grains orageux, les deuxièmes très rares.

Le tableau nº 24 résume les changements de direction moyens du vent au cours de la journée. On vient de parler des calmes. Les brises des quadrants Ouest sont rares aux premières heures de la journée. De 5 p. 100 à 7 heures, elles passent à 20 p. 100 au milieu du jour, au moment le plus chaud, et sont encore de 13 p. 100 au coucher du soleil.

Question sans doute d'échauffement, bien que nous ne possédions pas de statistiques permettant de fixer à l'Ouest et à l'Est de Tananarive les limites de ce champ d'action.

On remarque encore parmi les vents d'Est si fortement prépondérants au cours de l'année entière, un balancement bien significatif : à mesure que le jour avance, il y a rotation très sensible du Sud-Est vers le Nord-Est, dont l'amplitude pourrait se mesurer par une quinzaine de degrés. Nos observations de nuit ne suffisent pas à établir comment s'opère le mouvement de retour.

Enfin les deux azimuts Est et Est-Sud-Est fournissent à eux seuls 52 p. 100 des vents à Tananarive : ce chiffre suffit à montrer que l'alizé est sensible même en saison de mousson. Nous mettrons mieux ceci en évidence en donnant sous forme de proportion sur dix mille observations des moyennes journalières groupées cette fois par mois; on a suivi ici l'ordre des deux saisons malgaches : fraîche d'avril à septembre, chaude d'octobre à mars. Il est inutile de remarquer que ce fractionnement n'est pas absolu : personnellement nous inclinerions à retarder de quinze jours le commencement et la fin de chaque période; d'autres météorologistes mettraient peut-être le mois d'octobre entier dans la saison fraîche et avril dans la chaude. Enfin si l'on traitait ici des régions de l'Ouest, l'année serait mieux représentée par deux saisons de durée inégale, de sept et cinq mois. On aura l'occasion de revenir plus loin

sur ces appréciations, soit au chapitre des pluies, soit dans l'exposé des régions climatiques de Madagascar.

TABLEAU 24. — **Variation du vent à Tananarive au cours de la journée.**

DIRECTION	7 HEURES	9 HEURES	13 HEURES	16 HEURES	18 HEURES	MOYENNE
Calmes	2,150	1,481	608	370	338	989
Nord	49	74	143	162	118	109
Nord-Nord-Ouest	37	53	121	87	65	73
Nord-Ouest	71	94	208	271	142	157
Ouest-Nord-Ouest	113	160	297	267	193	206
Ouest	283	456	1,117	996	659	702
Ouest-Sud-Ouest	49	84	162	151	170	123
Sud-Ouest	61	76	124	94	118	95
Sud-Sud-Ouest	37	51	43	27	55	43
Sud	225	149	75	49	41	108
Sud-Sud-Est	467	296	108	56	61	197
Sud-Est	1,314	957	548	386	351	711
Est-Sud-Est	2,010	2,021	1,346	1,049	949	1,475
Est	2,618	3,310	3,903	4,317	4,715	3,778
Est-Nord-Est	342	511	855	1,279	1,573	914
Nord-Est	129	162	250	344	378	253
Nord-Nord-Est	40	64	92	95	72	71

Les chiffres expriment la fréquence de chaque vent pour un total de 10,000 observations.

II. VARIATION SAISONNIÈRE DU VENT A TANANARIVE. — En consultant le tableau nº 25 on peut remarquer :

1º Le nombre des calmes est maximum en décembre et février, minimum en août; il est de 8 p. 100 en saison sèche, 12 p. 100 en saison des pluies.

2º Les vents d'Est, entre Sud-Est et Nord-Est dominent nettement pendant toute l'année.

3º La proportion de vents de la partie Ouest est très faible pendant la saison sèche; si on divise la rose en deux moitiés, le Nord et le Sud étant eux-mêmes incorporés pour moitié de leur fréquence dans chacun des deux secteurs, les totaux sont :

	Saison sèche. Avril-Septembre.		Saison des pluies. Octobre-Mars.
Calmes	8 p. 100	Calmes	11.8 p. 100
Ouest	8.4 —	Ouest	21.9 —
Est	83.6 —	Est	66.3 —

TABLEAU 25. — **Fréquence des différentes directions du vent pour chaque mois.**

DIRECTION	SAISON FRAICHE							DIRECTION	SAISON CHAUDE						
	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Moyenne.		Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars.	Moyenne.
Calmes	1,016	1,092	865	735	484	634	804	Calmes	979	1,031	1,359	1,152	1,361	1,174	1,176
Nord	64	68	57	20	6	15	38	Nord	117	106	216	250	232	141	177
Nord-Nord-Ouest	52	24	27	6	20	12	23	Nord-Nord-Ouest	35	76	88	144	274	76	115
Nord-Ouest	159	122	94	34	35	73	86	Nord-Ouest	102	314	234	262	274	197	230
Ouest-Nord-Ouest	244	140	94	41	49	112	113	Ouest-Nord-Ouest	119	206	319	332	489	353	303
Ouest	595	678	393	174	175	227	375	Ouest	641	707	1,067	1,240	1,555	1,041	1,043
Ouest-Sud-Ouest	125	104	67	43	35	24	66	Ouest-Sud-Ouest	102	109	207	217	264	188	181
Sud-Ouest	98	54	76	32	55	24	57	Sud-Ouest	111	88	120	158	171	154	133
Sud-Sud-Ouest	39	51	57	35	35	21	39	Sud-Sud-Ouest	29	57	41	62	55	38	47
Sud	82	101	194	123	102	79	113	Sud	38	73	120	150	138	97	103
Sud-Sud-Est	171	262	396	366	221	130	258	Sud-Sud-Est	58	100	105	162	161	227	135
Sud-Est	891	839	1,334	1,202	799	494	927	Sud-Est	355	344	380	549	450	880	493
Est-Sud-Est	1,504	1,488	1,820	2,183	2,447	1,749	1,865	Est-Sud-Est	1,226	1,103	929	1,028	875	1,294	1,076
Est	3,880	3,875	3,544	4,177	4,529	5,080	4,181	Est	4,428	4,273	3,200	2,742	2,475	3,060	3,363
Est-Nord-Est	817	884	819	712	932	1,150	886	Est-Nord-Est	1,296	1,052	999	882	711	703	941
Nord-Est	217	182	145	111	76	152	147	Nord-Est	268	269	505	435	380	303	360
Nord-Nord-Est	46	36	15	6	6	24	22	Nord-Nord-Est	96	91	111	235	135	74	124

Les chiffres représentent le nombre de fois que chaque direction a été observée au courant d'un mois sur un total de dix mille observations par mois.

En résumé, sur 10,000 observations on trouve :

	En saison fraîche.	En saison chaude.
Calmes	804	1,176
Demi-cerle Ouest	840	2,192
Demi-cercle Est	8,356	6,632

Le rapport de l'Ouest à l'Est serait encore plus élevé si on se limitait au trimestre décembre, janvier, février qui est celui des grandes pluies, et plus faible pour le trimestre juillet, août, septembre; février et août marquent le maximum d'opposition au point de vue du régime des vents

Il faudrait encore remarquer que les directions Ouest du vent coïncident avec la visite des petites dépressions passagères, et que les remontées du baromètre sont accompagnées de vents d'Est.

Enfin on pourrait voir, dans les mois d'hiver, les fluctuations de direction d'alizé, en relation avec les déplacements de l'anticyclone qui occupe alors la plus grande partie de Madagascar.

La vitesse moyenne mensuelle, malgré l'imperfection du procédé, donne une idée de l'intensité relative des vents d'Est et d'Ouest. L'anémomètre totalisateur a été employé : les kilomètres parcourus pendant vingt-cinq ans ont été groupés par mois et pour tenir compte de l'inégalité des mois on a réduit ces chiffres au nombre de kilomètres parcourus en un jour de chaque mois.

TABLEAU 26. — **Vitesse moyenne du vent exprimée en kilomètres parcourus.**

MOIS	TOTAL MENSUEL (kilomètres).	MOYENNE JOURNALIÈRE (kilomètres).
Avril	8,303	276.8
Mai	8,771	282.9
Juin	9,556	318.5
Juillet	10,822	349.1
Août	11,678	376.7
Septembre	11,345	379,5
Octobre	10,246	330.5
Novembre	9,158	305.3
Décembre	9,041	291.6
Janvier	9,785	315.6
Février	7,885	279.1
Mars	9,155	295.3

C'est donc en avril que la vitesse moyenne du vent est minima; elle dépasse à peine 3 mètres par seconde. Une progression régulière s'établit à mesure que la saison fraîche s'avance et le régime d'alizé se renforce. En août et septembre le vent atteint 4 m. 50 par seconde de vitesse moyenne. On s'attendrait à voir le maximum absolu en août. Le fait qu'il s'observe seulement en septembre pourrait faire supposer que les

grains orageux ou non de ce mois exercent une influence sur les moyennes. Si les orages sont rares en septembre, ils ont tous la forme de grains à cette époque.

La diminution de vitesse du vent commence avec le déclin de l'alizé. Mais la courbe des variations n'est pas continue : janvier et février sont les mois de fréquence maxima des cyclones, et le premier trimestre de l'année donne une forte proportion d'orages; d'où les incertitudes de la variation du vent, et le retard du minimum jusqu'en avril.

On peut dire que la vitesse moyenne du vent est comprise à Tananarive entre 3 mètres et 4 m. 50 par seconde, plus faible en saison chaude, plus forte en hiver. Si l'action de causes perturbatrices passagères, cyclones, orages et grains ne modifiait pas les résultats on constaterait qu'en régime d'été les brises sont encore plus réduites et n'atteignent sans doute pas 2 m. 50 de moyenne.

Il est facile de se rendre compte qu'en saison fraîche l'anticyclone et l'alizé règnent sans opposition : vents stables, modérés, réguliers; en saison chaude au contraire, sur les plateaux malgaches l'alizé ne cède pas la place sans lutte. Somme toute il reste plus important comme fréquence que la mousson Nord-Ouest à Ouest, ce conflit perpétuel entre vents opposés doit logiquement diminuer de façon habituelle l'intensité du vent dominant, et ce raisonnement très simple paraît d'accord avec les faits observés.

III. Variation annuelle du vent a Tananarive. — Le Père Colin a rassemblé dans le tableau n° 27 le maximum et le minimum absolus de vitesse kilométrique du vent en 24 heures, relevés pour chaque année. Sa statistique, arrêtée en 1917 a été prolongée jusqu'à 1922.

Laissons un instant de côté le chiffre du maximum de 1893 qui appelle quelques remarques. On voit aussitôt que l'intensité du vent n'atteint jamais à Tananarive une valeur considérable — au moins comme moyenne d'une journée entière, — et cela même au moment des cyclones, qui, on l'a dit, respectent toujours la capitale malgache et ses bastions montagneux.

Tableau 27. — **Valeurs extrêmes de la vitesse du vent pendant vingt-quatre heures consécutives à Tananarive.**

Les chiffres représentent le nombre de kilomètres parcourus en vingt-quatre heures à 10 mètres au-dessus du sol.

MINIMA			MAXIMA		RÉMARQUES
Années.	Kilomètres.	Dates.	Kilomètres.	Dates.	
1890	48.5	30 décembre	1,075.0	5 septembre	
1891	53.0	16 avril	1,111.0	2 août	
1892	95.0	15 avril	1,510.0	1er mars	Cyclone de Mananjary.
1893	52.5	9 mai	1,472.5	29 janvier	Cyclone de Vatomandry.
1894	57.5	4 mai	871.5	29 avril	
1899	3.0	11 mars	875.0	5 septembre	
1900	5.0	9 juillet	751.5	17 octobre	
1901	1.0	15-16 mars	987.5	11 juin	
1902	0.5	21 août	659.0	12 décembre	Cyclone sur Antalaha.
1903	5.0	4 avril	957.5	24 mars	Cyclone au Sud de Vatomandry.
1904	22.0	27 juin	794.5	18 septembre	
1905	25.0	11 mai	1,020.5	7 avril	Cyclones simultanés.
1906	44.5	7 février	970.5	16 mai	
1907	9.0	22 avril	697.0	12 mars	Deux cyclones simultanés.
1908	20.5	17 janvier	751.0	24 décembre	
1909	82.0	24 juin	911.0	11 décembre	
1910	7.0	1er juin	897.0	23 janvier	Cyclone au large de Mahanoro.
1911	25.0	23 mars	839.5	22 janvier	
1912	115.0	17 mars	1,210.0	12 février	Cyclone à l'Est de Tamatave.
1913	4.0	18 novembre	1,531.0	25 février	Cyclone sur le Sud de Madagascar.
1914	27.0	8 avril	1,038.0	11 mars	Cyclones simultanés.
1915	71.0	13 mai	907.5	19 février	Cyclone canal de Mozambique.
1916	107.0	16 décembre	814.5	27 décembre	Cyclone partie Nord de l'Ile.
1917	20.0	2 juillet	811.5	28 janvier	Cyclone Océan Indien.
1918	6.0	21 juin 16 déc.	763.0	6 février	
1919	19.5	9 septembre	694.5	6 janvier	
1920	5.0	18 mai	694.5	19 janvier	
1921	2.0	6-7-12 et 19-9	928.5	16 décembre	
1922	1.0	3 novembre	913.5	2 janvier	

La plus grande vitesse en vingt-quatre heures serait celle du 25 février 1913, pendant qu'un cyclone traversait le Sud de Madagascar, de Tuléar à Fort-Dauphin à peu près. Le total de 1,531 kilomètres donne 63 km. 791 à l'heure ou 17 m. 7 par seconde. Ceci correspond à un coup de vent qui se chiffrerait par 9 à l'échelle de Beaufort. De même le cyclone du 1er mars 1892 sur Mananjary donne à Tananarive un coup de vent soutenant pendant vingt-quatre heures la vitesse de 17 mètres à la seconde, et ce sont là des maxima exceptionnels. Aucun de nos instruments n'est disposé pour la mesure des vitesses instantanées dans les rafales. Pendant des grains orageux nous avons mesuré à plusieurs reprises 19 m. 50 par seconde, mais alors la durée n'excédait pas quelques

minutes; 50 minutes serait le plus long espace de temps observé; d'autres ont pu nous échapper mais on ne croit pas qu'ils aient pu garder cette violence plus d'une heure.

On voit qu'il peut se passer plusieurs années à Tananarive sans que le vent moyen en vingt-quatre heures souffle plus fort que 11 mètres à la seconde; nos hauts plateaux ne sont donc pas l'endroit rêvé pour l'installation de turbines aériennes.

En régime anticyclonique on a observé le 5 septembre 1890, 44 kilomètres à l'heure et 43 le 8 août de la même année, le baromètre montant à 656.6 mm.; c'est donc un vent de 12 mètres à 12 m. 50.

Les journées où les calmes absolus persistent de 7 heures du matin jusqu'au lendemain à la même heure sont relativement rares, et il est des années où l'on n'en rencontre pas, 1890 à 1894 par exemple, alors qu'en 1921 trois journées n'ont pas fait enregistrer par l'anémomètre plus de 2 kilomètres [1]. Jusqu'ici ces calmes complets ne paraissent pas localisés à un temps donné de la saison; tous les mois sont représentés sur la liste avec une fréquence de même ordre à l'exception de janvier, février et octobre. L'exception de février, qui est pourtant le mois de faibles vitesses de vent, tiendrait aux orages et cyclones.

Au point de vue de la situation barométrique, ces journées calmes correspondent à une perturbation atmosphérique et hausse du thermomètre (dans le cas très particulier du 21 août 1902, pression et température baissèrent simultanément). Ces calmes absolus ont lieu le plus souvent à la même date que le maximum mensuel de température et le minimum mensuel de pression.

En saison d'été on a alors pluie intermittente dans la journée ou au moins orage zénithal le soir.

On résumera donc les résultats de cette analyse des valeurs extrêmes de la circulation aérienne à Tananarive en disant qu'un maximum de vitesse du vent s'observe quand la station est comprise dans une aire

[1] Les anémomètres Robinson ne se mettent pas en marche pour des vitesses de vent plus faibles que 2 mètres par seconde. Depuis que l'on fait usage d'un moulinet Richard, le nombre des calmes a sensiblement diminué.

cyclonique ou anticyclonique nette, et que le minimum correspond à une baisse barométrique orageuse.

Nous ne voyons guère quelles conclusions pourraient être déduites des totaux de kilomètres parcourus par le vent au cours d'une année entière. Le Père Colin se demandait s'il n'y avait pas trace d'une période, ramenant les maxima absolus au bout de vingt années, et les minima absolus au milieu de cet espace de temps. La prolongation des statistiques ne se montre pas favorable à cette apparence de périodicité : il n'y aurait eu que coïncidence fortuite et non manifestation d'une loi.

Nous avons tout à l'heure laissé de côté la vitesse maxima du vent en 1893 : les manuscrits du Père Colin en font mention en trois endroits, et les chiffres donnés ne concordent pas.

D'une part, en traitant de la force du vent en temps de cyclone, on a cité la nuit du 29 janvier 1893 où, de 18 heures le 28 à 7 heures le 29 la vitesse moyenne du vent aurait été de 90 kilomètres à l'heure, soit 25 mètres à la seconde. Le Père Colin semble avoir plusieurs fois hésité sur la valeur exacte de cette vitesse moyenne.

Ses manuscrits portent la trace de retouches. Après avoir admis 52 kilomètres à l'heure, sa dernière version donnait 144 : ces deux valeurs nous paraissent également erronées et voici notre raisonnement.

Le premier compte rendu de ce cyclone est celui du Père Combes, adjoint au directeur de l'observatoire, et remplaçant le Père Colin, alors malade. Cette note insérée dans le *Cosmos* de Paris, numéro du 13 mai 1893, ne donne pas la vitesse du vent. Par contre le volume annuel des observations de 1893, publié par les soins du même Père Combes, pendant la convalescence en France du Père Colin, porte pour cette même nuit un total de 673 kilomètres seulement, ce qui équivaut à moins de 52 kilomètres à l'heure, chiffre visiblement trop faible en comparaison de la cause qui le produit et des dégâts constatés en ville. Lors du cyclone du 3 mars 1927 qui fut bien moins violent à Tananarive, on trouve 63 kilomètres, avec rafales de 108. Notre auteur remarque encore que le vent du 29 janvier 1893 était plus fort que celui du 1er mars 1892, où le volume annuel inscrit à deux reprises 75 kilomètres.

La cause de cette faute d'impression ou de ce *lapsus calami* est facile à saisir. L'instrument enregistreur était un anémomètre totalisateur de Robinson, faisant un tour par 5 mètres parcourus. Or le compteur ne dépasse pas 100,000 tours, soit 500 kilomètres et repart ensuite de zéro. L'enregistreur électrique à distance avait été mis hors de service précédemment par un coup de foudre, et les lectures directes n'étaient pas

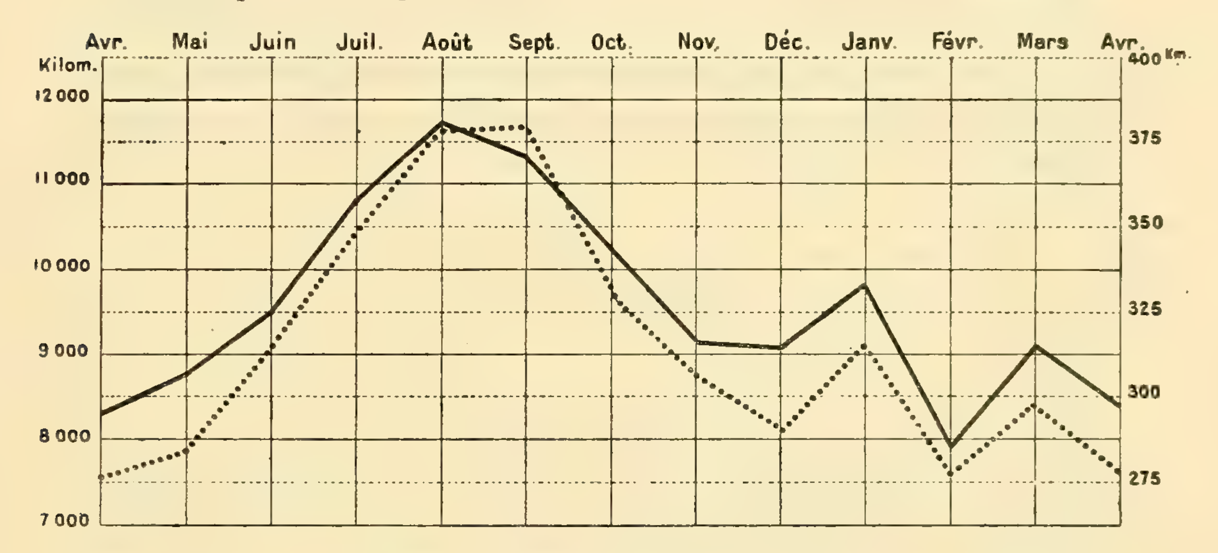


Fig. 47. — Vent. Vitesse mensuelle moyenne.
Les ordonnées de la courbe sont proportionnelles au nombre total de kilomètres enregistrés pendant le mois. En pointillé nombre de kilomètres parcourus en vingt-quatre heures.

possibles de nuit, sur le sommet d'une coupole ébranlée par un vent d'ouragan. Le total noté par le Père Combes doit donc être majoré de 100,000 tours, soit 500 kilomètres.

Il devient alors le chiffre que nous adoptions 1,173 kilomètres en 13 heures, soit 90 kilomètres à l'heure et 25 mètres par seconde.

Le Père Colin avait tenté une correction analogue, mais par distraction avait admis 1,000 kilomètres au lieu de 500 pour la durée complète de la révolution du compteur. D'où son chiffre de 144 kilomètres (il avait de plus compté 12 heures et non 13 pour l'intervalle des deux observations, autre distraction). Notre chiffre rectifié concorde bien avec les observations ultérieures, notamment celles du cyclone du 3 mars 1927 qui détruisit Tamatave; et la pensée du Père Colin, mort dans l'intervalle

ainsi que le Père Combes, a été manifestée assez clairement à plusieurs reprises pour ne nous laisser aucun doute.

Dans ces conditions la valeur maximum de kilomètres parcourus en vingt-quatre heures serait pour le 29 janvier 1893 de 1,472 km. 500 soit 61 km. 3 à l'heure et 17 mètres à la seconde.

Pour qui connaît la vitesse du vent observée au sommet de la Tour Eiffel, en plein Paris, une vitesse moyenne de 25 mètres pendant une nuit à Tananarive, au cours du cyclone qui a laissé les plus tristes souvenirs dans la mémoire des témoins encore vivants, ne paraîtra nullement excessive.

CHAPITRE X

LA PLUIE A MADAGASCAR

§ 1. FORMATION DE LA PLUIE

Dès les premières observations du baromètre, récemment inventé, l'existence d'une corrélation apparut entre les variations de la pression atmosphérique et la pluie : le mauvais temps accompagnait la baisse de la colonne mercurielle, le beau temps revenait avec la hausse. On sait comment ces circonstances servirent de base aux pronostics toujours reproduits sur les cadrans des anéroïdes : beau temps, variable, tempête, grande pluie, etc. Rattacher invariablement l'état du temps à une valeur déterminée de la pression est une erreur, une simplification trop grande; l'allure des variations est ici bien plus importante que la hauteur absolue. Inutile de faire observer qu'en tout état de causes de tels pronostics ne vaudraient que pour les plaines d'Europe, et non pour Madagascar ou pour la montagne. Ici la saison chaude et pluvieuse correspond toujours à une baisse générale; en saison fraîche la pluie accompagne la hausse du baromètre dans certaines régions de l'île, côte orientale, zone forestière, quelques points du plateau, mais cette même hausse persiste à l'Ouest pendant six mois de sécheresse à peu près complète.

On sera conduit plus loin à vérifier qu'un lien existe également entre la tempête et les précipitations.

De tous les éléments météorologiques la pluie est sans contredit le plus utile à connaître pour l'agriculture et l'hygiène tropicale, mais si dans ce pays, le baromètre et le thermomètre reviennent sensiblement accuser les mêmes hauteurs au bout d'une année, si une période de temps un peu longue suffit à éliminer des moyennes les effets de perturbations accidentelles, la pluie n'offre nullement ce caractère de régularité. A Madagascar la quantité annuelle des précipitations et leur distribution varient dans de larges limites; on peut y reconnaître une dépendance vis-à-vis des mouvements généraux de l'atmosphère, et l'action d'influences locales, mais les lois échappent encore aux investigations des météorologistes. Les relations avec l'activité solaire, étudiée sous la forme du cycle un-décennal des taches sont discutées, et invoquées tantôt dans un sens tantôt dans l'autre. Nous nous contenterons ici de rechercher les causes de la formation de la pluie au-dessus du sol malgache, et d'en suivre la répartition moyenne avec les saisons.

Les précipitations aqueuses sont recueillies dans des pluviomètres, généralement du modèle dit « de l'Association Scientifique ». Les totaux journaliers sont exprimés en millimètres de hauteur par unité de surface. Tombée sur le sol sans évaporation ni absorption, une hauteur de pluie de un millimètre correspond à un litre d'eau par mètre carré, à 10 mètres cubes par hectare. La définition du jour pluvieux varie avec les auteurs. Dans les statistiques malgaches on nomme communément jour pluvieux celui où l'on a recueillit au moins un millimètre d'eau. Ce renseignement paraît insuffisant pour les besoins de l'agriculture : on peut trouver dans le pluviomètre plus de 0 mm. 1 d'eau à la suite de nos fortes rosées qui ont certainement une action sur la croissance de la végétation. On essaiera donc de compléter la statistique des jours pluvieux ordinaires en donnant au moins la proportion de ce nombre à celui du total des jours où une précipitation quelconque est notée.

I. Pluie orographique. — On en voit un exemple sur toute la côte orientale, spécialement pendant la saison fraîche. L'alizé chargé

d'humidité, roulant ses cumulus en balles de coton vient aborder la côte. Il heurte des masses d'air plus froides et plus sèches : la condensation s'opère, les nimbus se forment, une baisse de quelques degrés par mélange suffit à provoquer la précipitation de l'eau en excès. La côte Est aura ainsi ses pluies d'hiver, tout comme les lieux élevés de la Réunion ou de Maurice dans leur partie du vent.

L'alizé traverse la zone du littoral et sur son parcours, rencontre les deux étages de crêtes forestières. Élévation forcée de l'air, refroidissement par ascension et par contact avec l'air qui baigne la forêt, obstacle perpendiculaire à la route : c'est plus qu'il n'en faut pour opérer des condensations nouvelles, suivies de pluies abondantes. On pourra rencontrer en hiver la plus grande quantité de pluie dans ces massifs forestiers, et la trouver importante jusqu'aux lignes faîtières, qui protègent de leurs 15 à 1,600 mètres le plateau central; la zone faîtière franchie, resteront quelques bruines ou faibles précipitations. On s'éloigne des pentes boisées, et les chutes d'eau diminuent à raison directe de la distance. L'air s'est légèrement réchauffé en descendant. S'il heurte à nouveau un massif il laissera tomber quelques gouttes; mais si les montagnes sont élevées, par exemple au Nord, autour du Tsaratanana qui culmine à 2,880 mètres, au centre sur l'Ankaratra (2,630 m.), plus au Sud à l'Andringitra, ce deuxième barrage de hauteur presque double du premier impose une nouvelle ascension, et une précipitation assez forte.

C'est là à proprement parler la pluie d'alizé, ou pluie d'hiver.

En saison chaude les chutes d'eau pluviales sont plus importantes, et se rattachent à une origine quelque peu différente, où la mousson est le facteur prépondérant.

II. Pluie de convection. — Empiétant un peu sur les statistiques qui suivront, on remarquera simplement ici que les grandes pluies dans l'île presque entière ont lieu en été, appelé pour cela saison des pluies ou hivernage. C'est en même temps l'époque du régime de basses pressions, étudiées plus haut, le régime des températures élevées, déjà décrites, et enfin la mousson de Nord-Ouest, sur laquelle on s'est étendu en parlant des vents saisonniers.

La convection proprement dite, échauffement de l'air au contact du sol, élévation rapide de masses emportant en suspension l'eau évaporée des rizières et des lieux humides, est un mécanisme familier à tout observateur du plateau malgache.

Après les brouillards du matin, l'air s'est éclairci; le brouillard est monté, s'est fondu, incorporé à l'état de vapeur dans une masse aérienne suffisamment chauffée pour tenir en suspension une tension plus grande. Vers 10 heures du matin, un peu plus tôt, un peu plus tard, de petits bancs de nuages se voient, encore très ténus, transparents comme des stratus, et formés tous à la même hauteur : l'air chaud très chargé d'eau, se trouve à ce niveau en contact avec la couche froide qui constitue le bas du courant Est de l'alizé. Refroidi, saturé, il ne monte plus, ne se mélange plus, poussé par en-dessous, qu'en abandonnant sa vapeur. Ces petits nuages révèlent donc l'existence d'un niveau de condensation; au cours de la journée, si rien par ailleurs n'y met obstacle, les nuages continuent à s'alimenter par en bas, s'épaississent de la vapeur d'eau qui leur arrive, montent un peu, mais en restant toujours alignés; cumulus de convection, cumulus en échelons, toute une gamme de cumulus flotte doucement vers l'Ouest. Si la chaleur est forte, on ira un peu plus loin, des effets de bourgeonnement apparaîtront, des châteaux en l'air s'édifieront sans aboutir à l'orage. Seulement de l'un ou l'autre de ces nuages s'échapperont quelques gouttes d'eau, et l'œil suivra jusqu'au loin de très petites ondées locales qui se déplacent. Le phénomène peut aller jusqu'à provoquer quelque cumulo-nimbus sans enclume, sans panache, sans manifestations électriques, qui donnera en passant une pluie de brève durée, et se mesurant par des chiffres très faibles. Ou encore, plus rarement, si la situation barométrique s'y prête, des grains non orageux pourront être vus, comme ceux que traversa sur Ankazobé et Arivonimamo l'avion du commandant Dagnaux, à son arrivée en Imerina le 10 février 1927, grains à vent assez modéré, à pluie parfois abondante, mais courte, ou à simple crachin vite évaporé.

La convection ne produit guère que cela à Madagascar.

Les mois les plus chauds, septembre, octobre, novembre, avec des

maxima diurnes de température qui peuvent être les plus forts de l'année n'ont pas d'eau sans orage. La convection si elle était seule, laisserait périr de soif le plateau malgache.

III. Pluies cycloniques. — Ici nous avons enfin une source capable de nous désaltérer; son flot pourra même dépasser de beaucoup nos besoins, et amener des inondations dans toute la bande de terrain traversée par le cyclone. Elles se produisent surtout en janvier, février, mars, alors que le sol peu perméable, est déjà entièrement imbibé par les pluies. Près du centre du météore, les averses pourront être torrentielles, et se succéder à très bref intervalle; plus loin toujours dans le corps du cyclone, la pluie tombera moins violente, mais drue et sans interruption ou presque pendant deux ou trois jours, quelquefois plus longtemps. Ainsi alimentées les collines ruissellent, les rivières débordent, les digues d'irrigation des rizières se rompent, et l'on voit s'effondrer les têtes de ponts, et les bacs partir en dérive, les moissons s'abîmer, etc.

Que plusieurs cyclones se succèdent, comme en ce début de 1927, et des éboulements, des glissements de terrain sont à redouter dans les villes et villages à flanc de coteau. Le Malgache ne craint pas d'entailler les pentes raides pour y bâtir sa case de pisé. Tous ceux qui ont eu le loisir de parcourir les pittoresques ruelles de Tananarive ont été frappés de ces perpétuelles dénivellations, de ces cases voisines dont l'une semble s'édifier sur le grenier de la précédente, de ces murs de pierres sèches qui retiennent la latérite. Sous l'action prolongée des pluies de cyclone les murs de soutènement finissent par céder, s'éboulent dans le sentier en contre-bas ou sur l'aire à riz de la case voisine, puis l'argile suit le mouvement, et enfin tout ou partie de la case descend dans la rue. Du mécanisme de ces pluies il n'y a pas grand'chose à dire : tout l'essentiel figure déjà au chapitre des cyclones, auquel le lecteur pourra se reporter.

Ces phénomènes qui ne sont pas constamment violents, sont si habituels ici, que dès l'apparition d'une pluie le matin, de sa continuation par temps gris, sans orage, chacun dit aussitôt — temps de cyclone —, et

le téléphone de l'Observatoire est assailli de demandes de renseignements.

Il est clair que le passage du centre d'un cyclone au voisinage d'une station météorologique fera immédiatement monter le total mensuel de la pluie dans de fortes proportions.

Tel poste qui aurait normalement 300 millimètres d'eau dans le mois, accusera parfois 900, 1,000 ou davantage. Celles des stations malgaches qui sont proches des trajectoires plus fréquentes se distingueront par là de villes soumises au même climat, mais moins influencées par les perturbations accidentelles. Ainsi Farafangana, près du trajet de retour de la plupart des cyclones des types 1,2 et 3.

Les moyennes de Majunga ont été renforcées ainsi à plusieurs reprises, et les résultats d'ensemble en gardent la trace; de même Sainte-Marie, station récente dont les séries n'atteignent pas dix ans, présente des chiffres assez hauts, déformés par une saison excessive.

IV. Pluies d'orage. — Nous avons réservé, pour l'exposer en dernier lieu, la cause principale des précipitations de saison chaude, la saison des pluies par excellence dans tout Madagascar.

Lorsque le temps est calme, que l'alizé sommeille ou que des souffles d'Ouest se font sentir jusqu'à Tananarive, la convection dont il a été question plus haut prend une forme plus active. Les sommets de l'Ankaratra, à 55 ou 60 kilomètres au Sud-Ouest de l'Observatoire se couronnent d'un panache de brouillard dès 10 heures du matin. Si le vent d'Est vient à souffler avec une intensité appréciable, ou si la situation barométrique montre un gradient net, l'orage ne se formera pas, ou du moins ne viendra pas jusqu'à nous. Mais si le gradient faible caractérise un marais atmosphérique, si le sommeil de l'alizé se prolonge, la soirée ne se passera pas sans manifestations électriques plus ou moins violentes. Peu à peu les stratus s'épaississent, les cumulus se forment et s'entassent. Aux heures très chaudes ils commencent à bourgeonner. A mesure que la marée barométrique baisse, sur presque tout l'horizon, et surtout sur l'Ankaratra, les nuages se montrent sous forme de masses compactes, de plus en plus organisées. Le cumulo-nimbus est visible au Sud-Ouest, avec ses faux cirrus et ses enclumes. Plusieurs groupes à

bigornes se voient encore dans d'autres azimuts, et au loin les traînées des averses sont déjà distinctes.

A la renverse de la marée, entre 15 et 16 heures, le phénomène s'accélère. Souvent des grains orageux sont en route sans plus attendre; ils courent à grande vitesse, soit du Sud ou Sud-Ouest, soit du Nord, et se précipitent dès le début de l'après-midi. Des coups de tonnerre se succèdent, relativement espacés, et forts. Le grain, aux dimensions restreintes, au contour bien défini, est facile à suivre du haut de la colline de l'observatoire, où l'horizon du sommet ne se ferme guère qu'à 40 et 50 kilomètres, sauf à l'Ouest, Tananarive s'interposant entre la plaine et nous. Le nuage est bas, dépasse à peine nos collines; parfois nous sommes à l'intérieur du météore, qui est alors moins dangereux. Quelques instants avant d'aborder, la saute de vent se produit, et pendant 10, 15 ou 30 minutes l'anémomètre tourne à l'allure moyenne de 20 mètres par seconde.

Deux ou trois éclats de foudre, une averse donnant à peu près un millimètre d'eau par minute, et le grain s'éloigne, pour se fondre dans quelque orage, ou se dissiper entièrement.

L'orage proprement dit est plus lent dans sa formation et sa marche. Il se produit chez nous peu après la marée basse de l'après-midi, au début de la saison, mais retarde avec le temps, et en mars n'éclate plus avant 20 heures à peu près. Pour Tananarive l'Ankaratra sert de régulateur et permet les pronostics. Mais il n'est pas rare que l'orage venu du Nord-Ouest à sa rencontre se présente le premier sur nous. L'autre ne manquera guère de venir ensuite, et quelquefois après des intervalles de répit, nous aurons ainsi jusqu'à cinq visites successives.

L'orage venu de l'Ouest effectuera parfois un circuit presque fermé, repassant sur nos têtes après une excursion à l'Est, et allant finir en aval de Tananarive, en suivant le cours des rivières qui confluent au Nord de la ville.

A cause de leur importance et leur fréquence, ces météores pluvieux méritent une étude plus détaillée, et nous leur consacrons un paragraphe spécial.

§ 2. ORAGES ET GRAINS ORAGEUX

Un tel sujet d'étude est immense, et déborderait largement le cadre du présent ouvrage, très modeste : il faudra se restreindre aux traits principaux de nos météores malgaches. Si d'autre part, comme nous en avons la conviction, ces phénomènes électriques résultent, non pas seulement comme on l'a dit souvent, d'une convection locale, d'un échauffement du sol du plateau, mais proviennent avant tout du conflit autrement puissant entre l'air chaud de la mousson et l'air froid de l'alizé, tous deux humides, pour établir complètement aux yeux du lecteur la valeur de cette affirmation, nous devrions donner ici les valeurs réelles des températures et de tensions de vapeur des deux flots. L'orage se formant le long d'une ligne sinueuse de discontinuité thermique, on nous réclamerait avec raison les tracés et les déplacements d'une telle ligne au cours de la journée et de la saison. Or nos moyens d'investigation actuels ne permettent pas la mesure de ces éléments : les sondages aériens font encore défaut à Madagascar, et seule l'aviation de demain sera financièrement assez puissante pour y procéder. Nous n'avons à notre disposition que les barographes et thermographes, les enregistreurs d'humidité relative, dont les crochets sont significatifs pour l'observateur entraîné, l'aspect du ciel, et la direction et la forme des nuages, dont beaucoup naissent en quelque sorte sous nos yeux et accomplissent au cours de quelques heures le cycle complet de leur évolution; outre la variété des manifestations électriques, décharges entre nuages, éloignées, et souvent zénithales, coups de foudre au sol, éclats et grondements du tonnerre, l'observation, voire l'enregistrement des parasistes orageux sur des appareils de T. S. F. fournissent de bien intéressants documents que nous utiliserons avec le Père Colin. Bien qu'il n'y ait entre eux que des différences de variétés, et non d'espèces, nous examinerons séparément les orages, les grains orageux et la grêle. Faute de documentation suffisante, ces exposés se borneront à la région de Tananarive, qui est loin de connaître les orages les plus violents, et les averses torrentielles de certains points de l'Ouest, Majunga et le Boina par exemple.

I. Orages. — Leur fréquence est facile à établir, si l'on veut se contenter de compter comme jour d'orage celui où l'observateur a noté à la fois des éclairs et le bruit du tonnerre. Toute autre statistique nous est actuellement impossible; dans une journée d'orage ainsi définie, il peut se trouver et il se trouve en fait que le météore soit seulement voisin de Tananarive — assez voisin pour que le bruit du tonnerre soit perçu — sans cependant passer au zénith de l'Observatoire et sans donner à notre pluviomètre une quantité d'eau appréciable. Les chiffres seraient bien différents sans doute si nous ne comptions que les orages zénithaux, ou du moins ceux dont les averses nous ont touchés directement; on éliminerait ainsi un certain nombre de jours où le météore est resté à moyenne distance, assez près pour être entendu, c'est-à-dire à peu près dans un rayon de 30 à 40 kilomètres (que nous réduirions volontiers à 25), assez loin pour ne pas nous atteindre. Par contre l'orage isolé sur Tananarive est chose assez rare en saison des pluies; passe encore pour les premières manifestations de septembre et octobre, qui auraient plutôt la forme de grains; mais en pleine saison c'est à deux, trois et cinq reprises que le passage a lieu, qu'il s'agisse d'ailleurs d'une même tempête aux allures gyrovagues, ou de plusieurs orages vraiment distincts, à routes convergentes assez souvent. Dans ce cas comment distinguer, comment numéroter?

Enfin si les éclairs entraient seuls en ligne de compte pour caractériser le jour orageux, il n'y aurait plus en été que deux ou trois jours indemnes chaque mois et l'on en inscrit encore en hiver. Car du haut de notre plate-forme, les éclairs sont visibles presque chaque soir, surtout dans le Nord-Ouest, direction de Majunga, et dans l'Ouest; ils correspondent à des orages dont la distance atteint probablement à certains jours 400 kilomètres.

Cette valeur semblera moins exagérée si l'on réfléchit que nous sommes à 1,400 mètres d'altitude, et que l'orage ne se produit pas au niveau de la mer, mais sans doute à une hauteur assez grande, l'éclair pouvant jaillir de la cime du cumulo-nimbus à plus de 5,000 mètres.

Au commencement de la saison, quand Tananarive n'est pas encore

en période de pluies, le marais barométrique venant à se former, les premiers éclairs apparaissent le soir au Nord-Ouest tout au fond de l'horizon; ils se rapprochent ensuite en descendant vers l'Ouest, et c'est le cinquième jour, plus rarement le troisième que l'Ankaratra et la Capitale les ressentent directement. En septembre, octobre, première quinzaine de novembre, cette même succession se reproduit à plusieurs reprises : un recul passager de l'anticyclone, une avance du centre de basses pressions, et le cheminement des éclairs s'observe comme il vient d'être décrit; puis l'équilibre des pressions se modifie, tout disparaît pour reprendre à la prochaine régression du baromètre. Enfin le foyer thermique l'emporte, les pressions basses nous envahissent, le marais est permanent, et avec lui la saison pluvieuse est arrivée.

Revenons à notre jour orageux, celui où l'on a noté à la fois éclairs et tonnerre. Bien souvent l'Observatoire a été interrogé sur cette question de la fréquence des orages à Tananarive. On a rappelé de différentes sources que vieux colons et vieux missionnaires étaient frappés de constater une diminution des orages zénithaux, et leur violence moindre; plusieurs n'hésitaient pas à attribuer ces résultats à la multiplication des réseaux métalliques en ville : fils de lumière, de télégraphe, de téléphone, réseaux de distribution d'énergie électrique, paratonnerres plus nombreux. Pour ce qui concerne une variation dans la violence des orages ou dans la durée de leur passage zénithal, nous ne trouvons aucun renseignement dans nos statistiques.

Que les effets des dits météores soient fort affaiblis par la présence de tant d'organes de protection, paraît fort vraisemblable; l'échange entre les nuages et le sol ne peut qu'être facilité par l'action de ces réseaux conducteurs; il est possible que les décharges brusques soient moins fréquentes; par ailleurs la population se sentant mieux abritée est portée à s'effrayer moins, encore que les accidents ne soient pas rares, surtout sur les cases ou édifices où la communication entre les pointes et la terre est mal établie, voire même rompue, et où l'insouciance indigène a négligé les réparations nécessaires.

Quand à la fréquence globale des orages sur la région de Tananarive,

il est aisé d'en établir la comparaison. Groupons donc d'une part les dix-huit années qui s'étendent de 1890 à 1910 (interruption en 1895-96-97), et d'autre part les treize années de 1911 à 1923 inclus. Voici les moyennes partielles et totales :

Tableau 28. — **Fréquence des orages à Tananarive.**

SAISON SÈCHE	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE
1890-1910.	6.0	1.1	0.2	0.3	0.3	2.5
1911-1923.	7.6	3.0	1.0	0.2	0.5	2.1
Ensemble 31 ans.	6.3	1.9	0.5	0.2	0.4	2.5
SAISON DES PLUIES	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE	JANVIER	FÉVRIER	MARS
1890-1910.	8.6	12.0	15.9	13.5	12.3	10.9
1911-1923.	11.7	16.5	19.3	20.0	17.4	13.6
Ensemble.	9.9	14.0	17.3	16.1	14.1	12.0

	SAISON SÈCHE	SAISON DES PLUIES	ANNÉE MOYENNE
1890-1910.	10.7	73.2	83.9
1911-1923.	13.5	98.4	111.9
Ensemble 31 ans.	11.8	83.4	95.2

Ainsi la statistique indiquerait une augmentation très nette de la fréquence des orages depuis 1911; c'est précisément le contraire de l'impression gardée par quelques anciens habitants. Il se peut que leur mémoire ne soit pas absolument fidèle, en raison surtout de la sécurité morale plus grande qu'ils ressentent aujourd'hui. Quant à admettre que les orages soient maintenant plus nombreux, nous nous en garderons : il nous suffit de remarquer que l'observateur indigène a changé plusieurs fois au cours de la première période, et que de 1911 à 1922 la statistique a été faite par un seul et même Malgache, Venance, particulièrement consciencieux et au courant. Nous concluons donc que la différence entre les deux statistiques est vraisemblablement due à la qualité inégale des observateurs; les treize dernières années ne doivent pas présenter un total qui s'écarte de la réalité, et la période précédente serait sensiblement équivalente. Nous serions amenés à conclure que le nombre

moyen des orages à Tananarive n'a pas dû varier depuis la fondation de l'observatoire en 1889; il y a des écarts importants entre deux années consécutives, par exemple 115, en 1907, 66 en 1908 ou encore 91 en 1912 contre 126 en 1913. Dans l'ensemble la moyenne annuelle serait voisine de 100.

Voici les écarts relevés entre les différents mois de 1899 à 1923, dans l'Observatoire reconstruit :

TABLEAU 28 *bis*. — **Valeurs extrêmes de la fréquence des orages.**

SAISON SÈCHE	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE
Maximum	16	7	3	2	2	7
Minimum.	2	0	0	0	0	0
SAISON DES PLUIES	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE	JANVIER	FÉVRIER	MARS
Maximum	19	25	26	29	26	25
Minimum.	0	6	7	6	7	1

enfin le maximum de l'année se trouve en 1919, avec 137 orages et 135 en 1920 le minimum de l'année se trouve en 1908 et 1909 avec 66 orages, la variation va donc du simple au double.

La théorie de la formation de l'orage n'est plus à faire. Sans étalage d'érudition inutile, nous renverrons le lecteur au chapitre II, deuxième partie, du *Traité d'électricité atmosphérique et tellurique* publié en 1924 par la VI[e] section du *Comité français de géodésie et de géophysique*. M. Mathias y expose le mécanisme de l'orage à foudre, d'après les travaux désormais classiques de Simpson et Baldit. Les expériences de Simpson, effectuées en saison de mousson aux Indes, se rapprochent fort des conditions malgaches. Pour le lecteur de langue française on signalera encore le livre de M. Albert Baldit, *Études élémentaires de météorologie pratique*, et dans le chapitre XV de ce volume les numéros 115 à 122 qui montrent clairement le rôle du conflit entre deux masses d'air à températures différentes. La brève description donnée plus haut de la naissance des manifestations orageuses offrait ces détails : gradient barométrique

faible, c'est-à-dire vastes espaces à pression sensiblement uniforme, vent froid nul ou presque nul, air calme, ou soumis à l'action d'une brise chaude et légère des régions Ouest.

On est donc ramené aux deux cas étudiés par Baldit :

1° Dans les couches supérieures, présence permanente d'air froid venu le plus souvent de l'Est avec l'alizé, parfois du Sud, par suite d'une petite hausse du baromètre, accusant l'influx de l'anticyclone. Sur ce dernier point, la confusion n'est pas possible entre la montée franche du mercure qui révèle un changement de régime, et la très modeste ascension, accompagnée d'irrégularités notables dans le tracé du baromètre, où l'on devine une poche dans les isobares, une lutte entre l'air de nos plateaux et le coin froid qui tente d'y pénétrer. Avec cette arrivée d'air froid, l'atmosphère s'éclaircit, le rayonnement augmente, la chaleur est forte sans donner toujours cette sensation d'oppression qui fait pronostiquer l'orage proche. L'air échauffé au contact du sol monte rapidement; il rencontre en altitude l'air froid de l'autre couche. La lutte entre les deux sera bien plus aiguë qu'aux jours de simple convection, car les différences de température sont plus importantes. Les courants ascendants acquièrent une vitesse suffisante, environ 8 mètres par seconde pour soulever, emporter et briser les gouttes d'eau condensées.

Les charges élémentaires d'électricité se multiplient, la quantité d'eau en mouvement croît sans cesse. A l'heure où la force ascensionnelle du courant vertical vient à faiblir, heure soulignée en fait par le renversement de la marée barométrique, l'orage éclate et la lourde pluie se déverse. C'est donc l'anomalie dans la distribution verticale de températures qui est cause d'une formation orageuse, au niveau même de la discontinuité thermique entre masses d'air superposées.

Cette explication s'étend sans peine aux orages beaucoup plus localisés et brefs de l'avant-saison, météores de septembre et du début d'octobre, connus ici sous des noms variés : orages des trois jours, de Saint-Michel, de la floraison des lilas de Perse, etc.

La mousson n'est pas encore établie, l'air est exceptionnellement limpide, l'humidité relative atteint des valeurs assez basses, le thermo-

mètre à maxima monte dans la journée à des hauteurs extrêmes sur le plateau central et l'Ankaratra. La plupart du temps rien ne se produit : certaines journées n'ont même pas de cumulus importants; le vent d'Est est encore trop net.

Quand il faiblit, quand au sol l'on n'enregistre pas de vitesse régulière, les phénomènes d'échauffement se renforcent.

L'orage est vite formé au-dessus des rizières et des plaines irriguées. Mais la diminution du courant ascendant pourra se produire très vite. Les causes locales ont une large part au développement du phénomène. Grain, pluie, coup de foudre pourront avoir lieu beaucoup plus tôt, à partir de 12 ou 13 heures, et la soirée deviendra calme.

On remarque encore que dans ces orages plus brefs, plus particularisés, les décharges au sol paraissent plus fréquentes, plus violentes et donnent une proportion grande d'accidents souvent mortels. L'échange d'électricité entre masses nuageuses n'est guère possible, car ces masses sont rares, espacées; l'air est moins conducteur aussi, car beaucoup moins humide. La décharge pourrait dès lors exiger des différences de potentiel encore plus fortes qu'en saison des pluies plus avancée.

2° Baldit étudie encore les orages produits par la juxtaposition des masses atmosphériques à températures très différentes.

Il semble bien que tel soit le cas habituel lorsque la mousson d'Ouest à Nord souffle sur le Plateau, et s'y heurte à l'air froid venu de l'Océan Indien. C'est alors une anomalie de distribution dans le gradient horizontal de la température qui joue comme cause efficiente; la discontinuité suit un front étendu, longe souvent l'Ouest du Plateau central, subit des inflexions locales et des sinuosités où le relief peut intervenir. La quantité de vapeur d'eau en suspension est alors énorme, et les surfaces de formation étendues; on a quelque chose comme une ligne de grains se déplaçant ordinairement d'Ouest en Est, et de fait le Père Colin note que le Nord-Ouest et le Sud-Ouest sont les deux directions privilégiées à Tananarive. Après cela, que dans cet ensemble, les variations de vitesse du courant ascendant provoquent l'éclatement un peu plus tôt en certains point, un peu plus tard dans d'autres, est chose compré-

hensible. Il semble bien y avoir entre ces orages des attractions, parfois des répulsions, modifiant les trajectoires, sans que le relief du sol du Plateau montre une action bien appréciable : nos collines auraient des altitudes trop humbles pour lutter avec l'Ankaratra qui les domine de 12 à 1,400 mètres.

Ceci suffira au titre de la formation des orages. Donnons quelques détails concrets et disons en peu de mots ce que tenta le Père Colin dans l'examen des parasites atmosphériques.

Le Père Colin note comme nous que la probabilité d'orage est grande lorsque, dans la matinée, l'air est calme ou faiblement agité par la mousson. Si, de la plate-forme de l'Observatoire, nous regardons le massif de l'Ankaratra, un léger brouillard couronne le Tsiafajavona dès 8 ou 9 heures du matin. Les lignes du sommet se profilaient bien claires sur le ciel bleu au lever du soleil; des panaches de plumes, de faux cirrus attestent seuls que la turbulence ne s'est pas complètement apaisée dans le haut, après l'orage de la veille. Vers 9 heures les courants ascendants agissant le long des flancs de la montagne comme en une véritable cheminée d'appel, forment déjà sur le pic une couronne de petits cumulus; d'heure en heure leur masse s'accroît, s'épaissit, bourgeonne, montre des touffes d'un blanc éclatant, aux contours pleins de reliefs, tandis que la base grisaille, se fonce, presque noirâtre. Vers 12 ou 13 heures le cumulo-nimbus est parfait, et le sommet plan de son enclume projette ses pointes au Nord et au Sud, du moins la perspective leur attribue ces formes à nos yeux. Puis le nuage semble se décoller de la montagne, et prendre sa course vers l'Est, passant au Sud de la ville, ou au Nord-Est, et dans ce dernier cas il vient directement sur nous.

Désormais le barothermographe enregistrera des crochets ou des altérations de tracé. Pendant ce temps, le ciel s'est pris graduellement; aux plumes de coq, aux queues de chats, la pompe aspirante et foulante ajoute à chaque coup des flocons, tantôt amoncelés en cumulus, tantôt fondus en un voile laiteux.

D'autres cheminées encore sont actives. Au Nord-Ouest la mousson pousse le tirage sur le Vazobé, le long du lit de l'Ikopa. Des bourgeonne-

ments de cumulus coupent l'horizon en plusieurs azimuts. Des sommets, les courants aériens semblent confluer vers la plaine de Tananarive, la plus étendue, le grenier à riz de la région centrale.

Parasites atmosphériques orageux. — Le Père Colin s'intéressa de bonne heure, après M. Turpain, et surtout en relations avec le Père Féniy de Kalozca (Hongrie), à la prévision des orages, à l'étude de leurs mouvements à l'aide des bruits qu'ils produisent dans les récepteurs de la télégraphie sans fil. La mort a frappé le fondateur de l'Observatoire de Tananarive avant de voir réalisée l'installation qu'il rêvait, d'appareils récepteurs recevant l'heure d'Europe, et pouvant intercepter les émissions africaines de radiogrammes météorologiques. Mais dès 1909 il voulut avoir ses inscripteurs de parasites atmosphériques. Pour qui se rappelle l'état de la T. S. F. à cette époque, l'ensemble d'instruments d'Ambohidempona paraîtra remarquable. Un céraunographe l'appareil enregistreur d'orages, système Popoff Ducretet, se composait essentiellement d'un tube cohéreur à limaille, tube en écaille, d'un potentiomètre de réglage, et d'un relais à cadre, permettant d'actionner la plume de chonographes à grande ou petite vitesse de déroulement. Les ondes étaient captées soit par quatre antennes en croix longues de 100 mètres chacune soit par deux spires triangulaires de cadre extérieur à l'Observatoire, de 10 mètres de côté et également en croix. Plus tard ce système se compléta d'un radiogoniomètre Tosi-Bellini à cadre tournant. D'ailleurs la ligne téléphonique de 4 kilomètres de long, aérienne sur la plus grande partie de son parcours, qui joint l'Observatoire au central de Tananarive, pouvait jouer souvent le rôle d'antenne naturelle, et donner dans les écouteurs téléphoniques de véritables décharges statiques alors que l'orage était encore éloigné. On n'avait pas l'imprudence de saisir les écouteurs au moment du déchaînement vertical : les parafoudres mica et charbon n'eussent pas suffi à rendre les décharges inoffensives, et il était plus sûr de mettre simplement la ligne à la terre pour éviter les accidents. Bien avant l'éclat de la tempête électrique, un galvanomètre relié à la ligne subissait de folles oscillations, et plus d'une fois la sonnerie d'appel du poste fut actionnée de façon

intermittente sans intervention humaine. Le potentiel de la ligne, malgré ses parafoudres devient trop élevé pour la sécurité des communications.

Voici comment le Père Colin résume les multiples enregistrements de parasites obtenus avec le céraunographe. Bien que ce sujet soit maintenant abordé par d'autres moyens, ces notes gardent leur valeur historique, et nul ne songera à reprocher au Père Colin de n'avoir pas découvert, entre 1909 et 1918, des faits ou des interprétations récentes, qui d'ailleurs changent de manière déconcertante au gré des incertitudes des spécialistes, si divisés en ces matières :

1° Par un ciel encore sans pluie, parsemé de cirrus, cirro-cumulus, stratus et nimbus, on peut quelquefois entendre sans instrument, à une grande hauteur vers le zénith, des décharges tantôt brèves entièrement distinctes du crépitement bien connu d'étoffe déchirée, tantôt prolongées à 20° ou 30° de leur point de départ vers l'horizon; aucune lueur apparente (au moins de jour). Le céraunographe inscrit alors des traits isolés ou groupés, qui proviennent de ces étincelles entre nuages.

Des cumulo-nimbus accompagnés de voiles de cirro-stratus, se montrent-ils en un point quelconque du ciel, l'appareil fonctionne d'une manière continue, cohéré et décohéré pendant des heures entières, alors que nul éclair ne sillonne les nues et que nul bruit n'est perçu au dehors. Le transcripteur des notes du Père Colin ne croit pas qu'il y ait ici contradiction avec la remarquable thèse de doctorat du Père Lejay, de l'Observatoire de Zikawei. N'ayant pas essayé de reproduire les expériences anciennes du Père Colin, il recopie sans plus le manuscrit.

2° En cas d'orage se préparant sur un point de l'horizon avec ciel couleur encre et sans pluie, dès 11 heures, les parasites se succèdent par groupes et à intervalles de plus en plus rapprochés. Enfin de 12 heures à minuit, que nous nous trouvions en plein centre d'activité orageuse ou seulement dans son voisinage, l'enregistrement devient encore ininterrompu.

Inutile de faire remarquer que le céraunographe utilisé par le Père Colin, pour perfectionné qu'il fût en son temps, n'a rien de l'oscillo-

graphe moderne et ne donne aucun critérium de la durée ou de la forme des décharges.

3° La grêle qui tombe dans un rayon de 120 kilomètres autour de nous, signale sa présence par une suite de traits pendant plusieurs heures.

Chacun connaît le bruissement caractéristique des grêlons dans le nuage. Leur frottement audible de près, dégage assez d'électricité pour actionner fort loin un cohéreur à limaille.

4° On avait eu l'imprudence de ne pas mettre les antennes à la terre chaque soir; au cours d'un orage nocturne la décharge fut assez forte pour fondre en lingot la limaille du tube de Branly, sans détériorer autrement les appareils. C'était une leçon bénigne. Dès lors chaque soir, ou à chaque menace d'orage zénithal, on prit la précaution de connecter à la terre l'antenne et le détecteur. Ce n'est pas à proprement parler un montage en dérivation, et cependant les décharges puissantes continuent à actionner le cohéreur, et les signaux parasites s'enregistrent toujours. Ce détail n'est plus nouveau pour nous.

5° Lorsqu'il s'agit d'orages très éloignés, dont l'œil perçoit seulement la présence par la vue d'éclairs dits de chaleur, le Père Colin note que sont seuls enregistrés ceux qui éclatent en forme de zigzag au sein des cumulus situés en dessus de l'horizon, surtout vers la fin de la saison pluvieuse; mais il remarque lui-même que cette sélection s'explique très simplement par la sensibilité restreinte de l'instrument, sans amplification aucune, et de cohéreurs soumis fréquemment à de puissantes décharges.

Comme nous l'avons rappelé tout à l'heure, le Père Colin observe aussi que les premiers orages de la saison où les décharges s'opèrent à travers un air plus sec et vers un sol desséché, manifestent des coups de foudre de plus grande intensité, causant des accidents mortels.

6° A partir de minuit jusqu'au lever du soleil période de courants aériens plutôt descendants par suite du refroidissement des couches basses de l'atmosphère, les parasites diminuent notablement. Ces heures, sauf le cas de perturbations accidentelles, sont sur le plateau calmes et sereines.

7° Nous avons reproduit en tête de ce paragraphe les statistiques de fréquence mensuelle des orages à Tananarive. Le Père Colin les fait commencer pendant la deuxième quinzaine d'octobre, note qu'en février ils seraient plutôt nombreux pendant la première quinzaine du mois, et en mars pendant la deuxième décade; ils finiraient à la mi-avril, mais avec de fortes variations d'une année à l'autre.

Sur le Plateau central notre auteur place les premières manifestations orageuses entre 13 et 14 heures en fin octobre et novembre; l'orage aurait lieu en décembre entre 14 et 17 heures, et de 17 à 20 heures en janvier, février, mars et avril. Il nous semble que ces indications ne doivent pas être prises au pied de la lettre, surtout en ce qui concerne janvier et février. Il y a bien une évolution dans le sens du retard progressif de l'heure, mais sans classification aussi stricte.

De même pour la durée de l'orage : le Père Colin écrit qu'une heure environ s'écoule entre les premiers coups de foudre et les derniers. C'est exact pour nombre de cas, mais la fin d'un orage n'indique pas forcément la fin de la pluie, qui peut persister encore un certain temps, et surtout ne garantit nullement qu'un ou plusieurs autres orages ne suivront pas à bref intervalle. Pareille répétition est trop fréquente pour qu'on soit en droit de la négliger. Sur la côte Ouest l'orage aurait lieu plus fréquemment pendant la première partie de la nuit et sur la côte Est pendant la soirée.

II. Grains orageux. — Nous entendons par là des orages brefs, rapides, pour lesquels nous reproduisons textuellement la description quelque peu dramatique écrite par le Père Colin. Nous ne voyons pas qu'il s'agisse de lignes de grains ou de rubans, au sens que leur donnait Durant Gréville; le manque d'observations simultanées en plusieurs stations ne permet pas d'être plus affirmatif sur cet aspect : à l'Observatoire ces grains passent comme des manifestations isolées, sporadiques, il peut n'y avoir là qu'une simple apparence.

Un observateur inexpérimenté voyant la courbe du barogramme remonter rapidement en forme d'angle aigu de 15 à 17 heures serait tenté de croire que l'orage menaçant va se dissiper, du moins épargner

la station. Illusion. Malgré la hausse brusque du style, un point de l'horizon resté constamment sombre, présage la formation d'un grain de vent accompagné de pluie et d'éclairs.

Après trente à quarante-cinq minutes d'ascension, une chute de 2 à 3 millimètres apparaît tout à coup. Outre les grondements peu éloignés du tonnerre, on entend comme un mugissement sourd, prolongé, qui se rapproche. Le vent Nord-Ouest saute au Sud, puis à l'Est; il souffle en rafales, en tempête, comme aux jours de cyclone.

Les murs des maisons tremblent (ils sont légers ici), des tuiles sont soulevées des toits, des tôles parfois arrachées à leurs rivets. Les gouttes de pluie chassées horizontalement ne pénètrent pas dans le pluviomètre : elles s'écrasent sur les parois extérieures, et se convertissent en fine vapeur. Cet instrument élevé au-dessus du sol, à surface de réception horizontale, n'est plus apte à recevoir la pluie de grain, dont une infime quantité seulement pénétrera dans l'entonnoir. L'averse est violente, sous une pareille précipitation les ruisseaux dévalent en torrent, labourant les pentes d'argile; les coups de foudre se succèdent, brutalement, en éclats de bruit formidable.

Il est prudent de mettre aussitôt à la terre antennes, céraunographe, téléphone; pour l'étude de ce météore à marche rapide il est commode d'adapter aux enregistreurs météorologiques des cylindres à mouvement accéléré, faisant par exemple un tour complet en 2 heures; ici encore le statoscope Richard (un tour en 52 minutes) est un auxiliaire précieux.

Voir ci-contre, figure n° 49 la reproduction de crochets d'orages et de grains et de copies de tracés du statoscope.

Le grain a une durée variable de 10 à 25 minutes plus souvent 15. A son départ la température s'est notablement abaissée, l'humidité relative a augmenté. Au grondement et aux éclats de la tempête un calme profond succède à peine interrompu par le bruit lointain du tonnerre qui continue plus loin son œuvre.

Pour ne pas rester dans le vague et la littérature prenons un cas quelconque à titre d'exemple. Le 20 novembre 1915 le grain commence à 17 h. 10; à ce moment le cadran de l'anémomètre indiquait 60 km.260;

à 18 heures on pouvait y lire 147 km. 500; donc 86 km. 880 en 43 minutes, vitesse du vent 33 mètres à la seconde, pression par mètre carré 148 kilogs. Dans ce même intervalle de 43 minutes le pluviomètre recevait 30 mm. 42

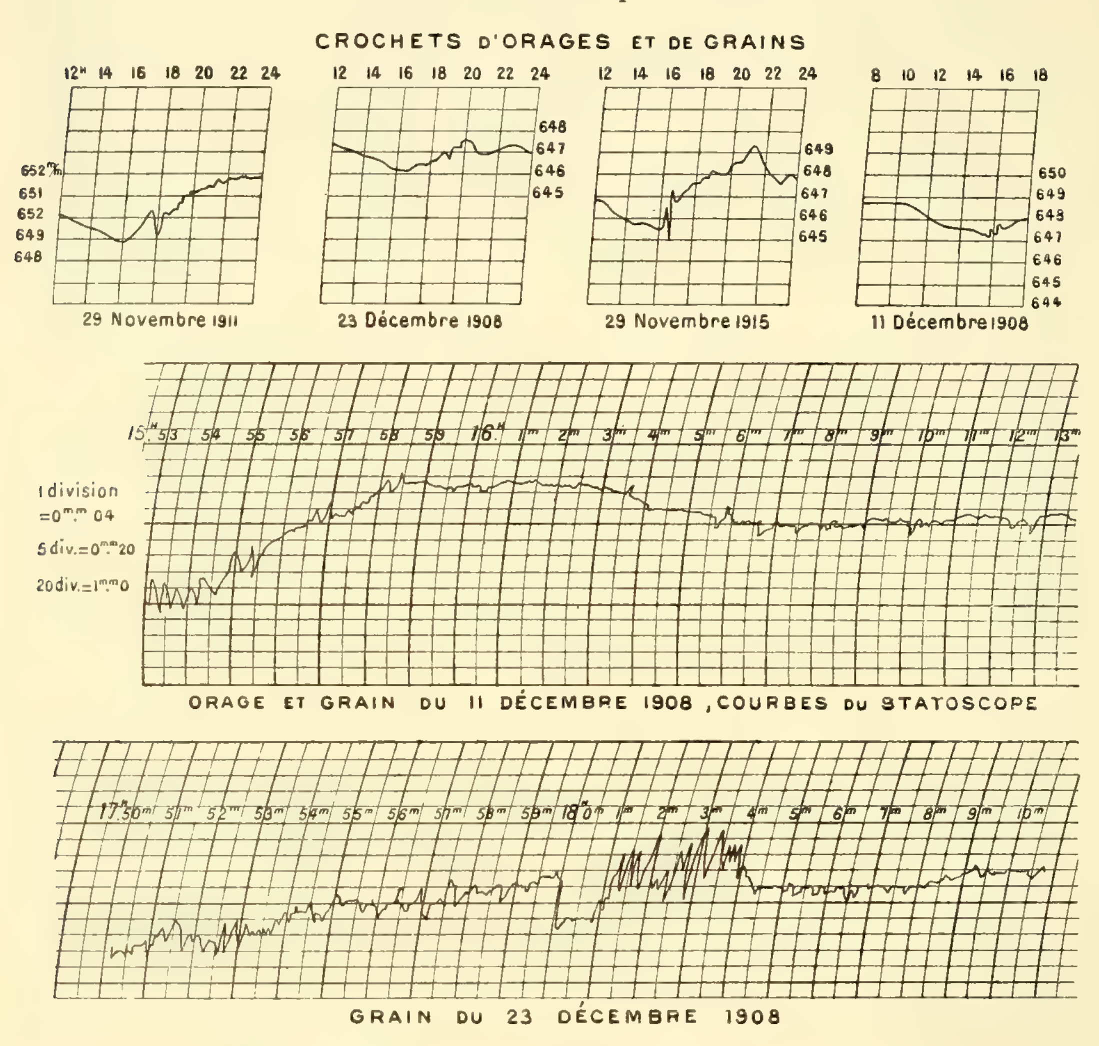


Fig. 49. — Crochets barométriques au passage d'orages ou de grains.

d'eau, à peine une minime partie ce celle qui en réalité inondait le sol; si l'on défalque le temps pendant lequel l'eau fut chassée horizontalement, soit une dizaine de minutes et où le pluviomètre ne recevait à peu près rien, cela fait 1 millimètre par minute, 1 litre par mètre carré et par minute. C'est une quantité que le transcripteur a observée à plusieurs reprises dans des circonstances analogues, et sans aucune défal-

cation, ni correction de temps. Le phénomène s'il est rare, ne doit pas cependant être considéré comme exceptionnel. Le thermomètre marquait 25°.4 à 16 heures et 17°.2 à 18 heures, l'humidité relative montait dans le même temps de 65 p. 100 à 80 p. 100.

Le Père Colin émet, pour l'explication de ces tornades une série d'interrogations; nous conservons seulement les comparaisons qu'il fait entre tracés de grains et tracés de cyclones sur ces enregistreurs. D'après ses renseignements personnels l'auteur estimait que ce météore s'étend sur une bande large de 4 à 5 kilomètres. Les crochets de grains seraient moins brusques que ceux des coups de pompe du cyclone, le Père Colin considère ces derniers comme plus rapides. Une violente rafale provoque une hausse qui dure deux à six secondes suivie d'une baisse de durée approximativement égale; pour notre auteur le grain serait constitué par une suite de tourbillons d'air comprimé dont la partie avant aurait un axe horizontal, et l'arrière un axe vertical; on expliquerait ainsi qu'au passage de l'avant la pluie est chassée horizontalement, tandis qu'elle tombe droit de la partie arrière. Ainsi le Père Colin rencontre ici sans le savoir le tourbillon à axe horizontal si nettement indiqué en 1920 par Humphreys (*Physics of the Air*, p. 359 et 360), avec cette différence que, dans le grain malgache, ce tourbillon antérieur se ferait sentir à la surface même du sol, au lieu de rester localisé au voisinage de la ligne de discontinuité thermique.

Pour étudier les variations rapides des courants d'air froid et chaud, si caractéristiques dans le grain ou la tornade africaine, l'auteur eût voulu posséder, pour les températures et l'humidité relative un instrument aussi sensible que l'est le statoscope pour les pressions; en disposant côte à côte statoscope et hygrographe amplificateur, avec des instruments d'horlogerie tournant à un tour en 20 minutes, on pourrait vérifier si deux courants opposés existent, et dans quelle mesure la vaporisation de la pluie, pulvérisée en gouttelettes, peut expliquer le brusque refroidissement, et l'élévation d'humidité relative qui succèdent à la chaleur sèche, et persistent.

Sur cette question des grains, si importante pour l'aviation et l'aéro-

station, le lecteur pourra consulter avec fruit l'ouvrage déjà cité de Baldit, *Études élémentaires de météorologie pratique*, chapitre XIII.

Entre grain et cyclone existe encore une différence essentielle : le mouvement de rotation est fixe dans le corps du cyclone et le sens de ce mouvement invariable dans un même hémisphère; dans le grain au contraire la giration est variable en vitesse et en direction, dépendant probablement de circonstances accidentelles. Ainsi en est-il des tourbillons de poussière le long des chemins. Tantôt, au cours du passage du grain, le vent saute de Nord-Ouest à Sud puis à Est, sens inverse de celui des aiguilles de la montre, tantôt d'Est-Nord-Est à Sud et Ouest, tantôt de Ouest à Nord-Est par le Nord (sens direct).

La translation du météore a lieu du Sud-Ouest au Nord-Est ou bien du Nord-Ouest à Sud-Est : ce sont des directions de moindre résistance, puisque la rotation de la terre a lieu également d'Ouest en Est.

L'état actuel du réseau météorologique malgache ne permet en aucune façon la prévision des grains; il faudrait pouvoir reconnaître le matin, ou du moins au début de l'après-midi s'il y a chance d'un grain orageux pour le soir; on ne peut pas non plus en observer la vitesse de translation. Le tracé précis des isobares, si l'on en voulait connaître les inflexions en V, les poches ou les culs-de-sac exigeraient un réseau beaucoup plus dense et des instruments mieux réglés. En saison des orages, où les perturbations de trafic sur les lignes télégraphiques aériennes sont fréquentes, il ne faut pas compter recevoir en quelques heures ou le jour même les observations de toutes les stations.

Reste à indiquer comment un observateur isolé peut tirer parti de ses seuls instruments pour pronostiquer l'existence d'un grain qui pourra atteindre deux, trois ou quatre heures plus tard sa station.

1° Le céraunographe ou tout enregistreur de parasites atmosphériques, fonctionnera de façon incessante : cette indication sans précision mettra l'observateur en éveil.

2° Après le maximum normal du matin, la courbe du barographe descend nettement plus bas que d'ordinaire, et à une allure plus rapide. C'est la dépression à laquelle le grain mettra fin d'un seul coup.

3° La forme anguleuse, pointue et concave de la courbe au minimum de l'après-midi, indique que le grain est proche, et passera probablement sur le lieu même. Nous n'avons pas assez d'exemples pour chiffrer comme l'a fait Baldit avec ses résultats de guerre, quelle valeur du crochet indique un grain dangereux, quelle autre un grain modéré. *A priori* on considérera tout grain malgache comme dangereux.

4° Le signe le plus certain est l'aspect même, noir et sinistre, du nuage de grain. Quand on l'aperçoit il est peut-être bien tard pour lancer un avertissement quelconque.

III. Grêle. — La grêle est relativement rare sur le plateau central et ses effets sont très localisés, n'intéressant en chaque cas particulier, que des surfaces restreintes. Il est assez difficile d'en dresser des statistiques, et actuellement impossible d'en suivre la répartition géographique. Elle fait cependant des ravages : nous pourrions citer telle vigne de la mission catholique, tout près de Tananarive, où la vendange de 1927 n'a pu être faite, la grêle de printemps ayant, en quelques minutes, détruit les rameaux en fleur.

Le Père Colin note 72 soirées en vingt-six ans, entre 1889 et 1916 : c'est un peu moins de trois précipitations par an, et sur le nombre beaucoup durent être faibles. Ces 72 observations se répartissent comme suit :

Tableau 29. — **Fréquence de la grêle à Tananarive.**

SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE
4	24	20	12

JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI
3	1	4	3	1

L'auteur ajoute que le météore ne se produit, dans nos contrées, que lorsque des nuages élevés indiquent l'existence des courants supérieurs, ou tout au moins une turbulence atteignant les hautes couches atmosphériques.

On voit que la chute des grêlons est à peu près réservée au début de la saison pluvieuse, octobre et novembre fournissant environ les deux tiers des cas constatés; aucune grêle n'a été vue en saison froide, juin, juillet et août.

Ayant à traverser dans leur descente des zones d'air chaud, ces fragments glacés n'ont pas un volume très considérable, celui d'un gros pois parfois d'une noisette, et ne causent pas d'ordinaire de grands ravages; à l'Observatoire ils suffisent à détruire les fragiles actinomètres d'Arago.

Pourtant le 9 novembre 1903, la chute particulièrement forte et abondante brisa la plupart des vitres à Tananarive; en 1907 sur plusieurs localités les arbres fruitiers, les mûriers et les vignes furent endommagés. Le riz des pépinières ou *ketsa*, a parfois à souffrir.

Parfois les grêlons rencontrent en tombant une couche d'air voisine du sol où la température est assez forte pour amener la fusion complète. L'observateur peut alors entendre dans les espaces zénithaux, le crépitement caractéristique provenant du choc des noyaux, alors que sur le sol s'étalent de larges gouttes d'eau de 4 à 5 centimètres de diamètre, écrasement des corps fondus. On a quelquefois observé au contraire des grêlons extrêmement compacts, lents à se dissoudre; après un ou deux jours on en rencontre encore dans les replis de terrains abrités du soleil.

§ 3. RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES PLUIES

On donne ici deux tableaux d'ensemble. Le premier, basé sur toutes les observations effectuées entre 1901 et 1926 pour les stations du réseau malgache, et à partir de 1889 pour l'observatoire de Tananarive, établit la moyenne mensuelle des pluies en millimètres de hauteur.

Sont accompagnés d'un astérique, les noms des postes pour lesquels les séries n'atteignent pas dix ans.

Le second tableau est la statistique mensuelle du nombre des jours où la pluie a donné au moins un millimètre d'eau au pluviomètre. Pour l'Observatoire on a ajouté le relevé moyen des jours où une précipitation quelconque a été constatée; parfois simple rosée, parfois bruine de saison sèche.

Il n'est pas possible à l'heure actuelle d'offrir ces mêmes moyennes pour les autres stations; on croit cependant après un calcul de petit nombre d'années inscrites autrefois dans le *Bulletin Économique* que, pour les stations du Plateau la proportion reste la même entre jours pluvieux et jours de précipitation quelconque, que celle notée à l'Observatoire.

Tableau 30. — **Moyennes mensuelles de pluie.**

	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	SAISON	NOV.	DÉC.	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	SAISON	ANNÉE
Dzaoudzi*. . .	38	1	3	9	19	95	165	30	142	250	221	77	54	774	939
Diégo-Suarez. .	8	10	5	7	7	4	41	17	185	244	241	198	54	939	980
Vohémar. . . .	99	91	100	94	67	63	514	88	247	204	177	186	241	1,143	1,657
Antalaha. . . .	92	133	149	113	63	35	585	63	129	165	138	194	199	888	1,473
Maroantsetra. .	265	287	414	272	148	101	1,487	102	328	234	232	408	447	1,651	3,138
Soanierana* . .	306	483	642	433	221	93	2,178	149	323	341	579	654	625	2,671	4,849
Sainte-Marie*. .	528	505	599	316	128	171	2,247	137	243	613	500	542	845	2,880	5,127
Ivoloina. . . .	173	181	215	173	124	116	982	128	290	352	342	258	270	1,640	2,622
Tamatave . . .	260	262	309	154	132	102	1,219	107	265	347	338	404	334	1,795	3,014
Beforona* . . .	109	92	121	124	115	103	664	169	379	370	837	764	262	2,781	3,445
Vatomandry . .	162	159	197	140	97	107	862	105	299	365	377	423	286	1,855	2,717
Mananjary. . .	154	160	181	124	129	107	855	130	240	353	345	349	271	1,688	2,543
Farafangana . .	221	161	223	135	122	112	974	142	278	273	401	400	265	1,759	2,733
Fort-Dauphin. .	197	148	101	91	120	75	732	61	108	149	253	253	221	1,045	1,777
Tulear.	36	23	17	5	12	21	114	20	70	131	80	48	30	379	493
Ambovombé*. .	37	15	17	23	17	22	131	48	99	91	73	58	32	401	532
Morondava. . .	5	3	1	1	2	5	17	38	138	273	194	101	9	753	770
Maintirano. . .	9	5	6	11	7	26	64	51	98	191	221	165	31	757	821
Majunga. . . .	13	1	3	11	5	31	64	124	283	382	368	195	51	1,403	1,467
Marovoay*. . .	2	1	0	9	4	38	54	98	292	305	291	227	84	1,297	1,351
Mævatanana . .	9	4	4	7	18	51	94	119	297	350	334	239	67	1,406	1,500
Analalava . . .	23	7	4	5	11	69	119	162	295	457	438	27	93	1,672	1,791
Mandritsara . .	12	16	10	7	6	17	68	89	248	309	383	217	80	1,326	1,394
Nosy-Bé. . . .	82	53	55	66	58	108	422	256	328	569	561	279	166	2,159	2,581
Ambalavelo . .	34	19	21	26	41	59	200	177	304	471	487	283	138	1,860	2,060
Mailaka	66	32	20	22	49	30	219	274	263	522	419	254	119	1,851	2,070
Ankazobé . . .	13	3	7	10	21	96	150	161	410	409	326	325	73	1,704	1,854
Nanisana. . . .	11	7	7	11	19	70	125	133	256	287	308	211	45	1,240	1,365
Tananarive(Obs)	15	7	6	8	15	63	114	121	289	304	292	190	50	1,246	1,360
Antsirabé . . .	23	10	9	16	22	84	164	156	310	368	262	208	80	1,384	1.648
Ambositra . . .	36	11	16	6	11	54	134	171	327	323	242	236	66	1,365	1,499
Fianarantosa. .	41	11	20	16	25	56	169	130	286	271	263	129	51	1,130	1,299
Ihosy	10	1	7	5	35	32	90	93	201	270	204	110	28	906	996
Betroka	14	6	5	10	9	28	72	85	108	231	166	71	15	676	748
Tsivory*. . . .	0	2	11	29	61	83	186	74	212	331	124	125	18	884	1,070

Au contraire sur la côte en général, il semble que l'on peut se contenter d'ajouter une, deux ou trois unités au chiffre des jours pluvieux pour obtenir le total des jours de pluie.

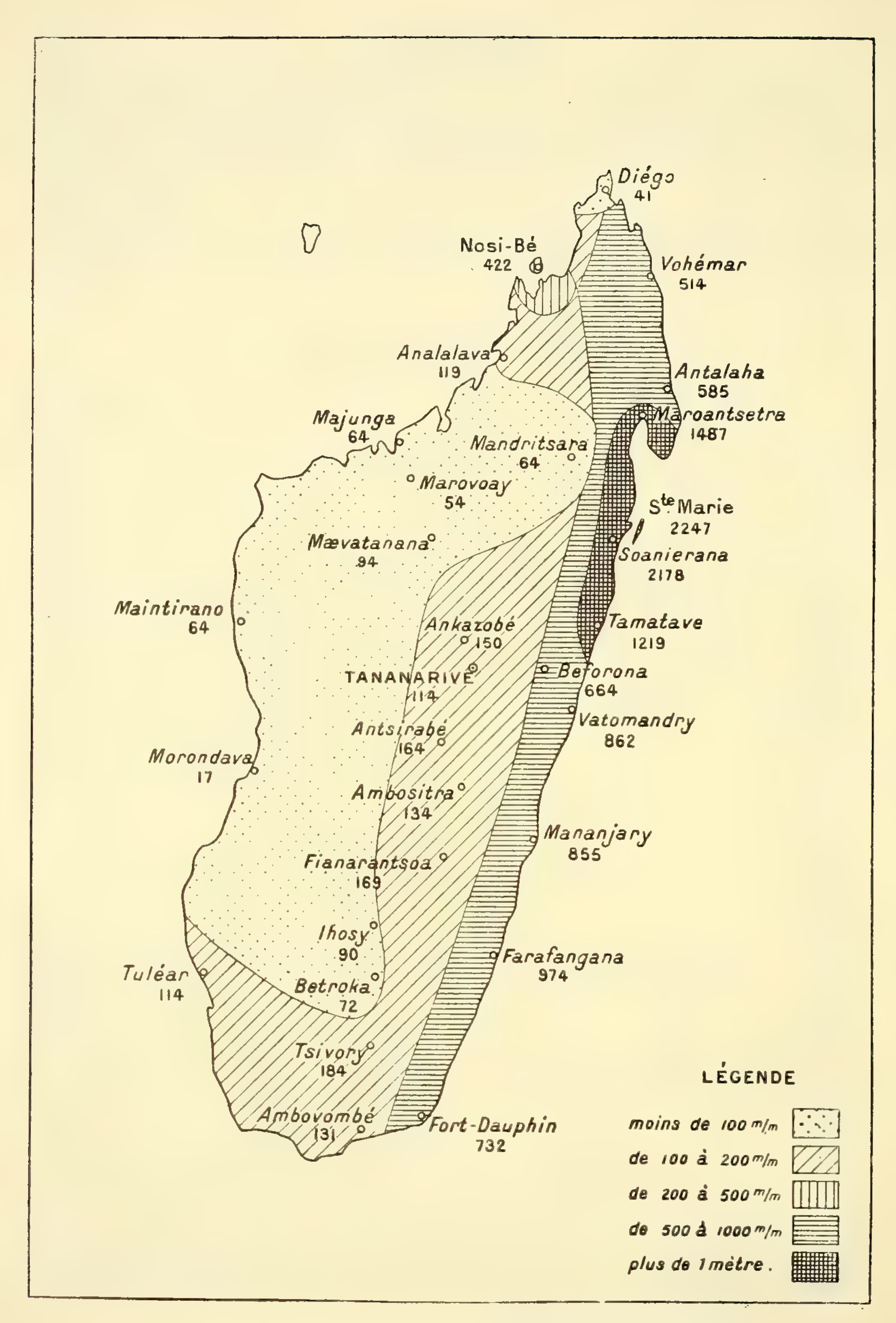


Fig. 49. — Carte hyétométrique. Répartition des pluies de saison fraîche.

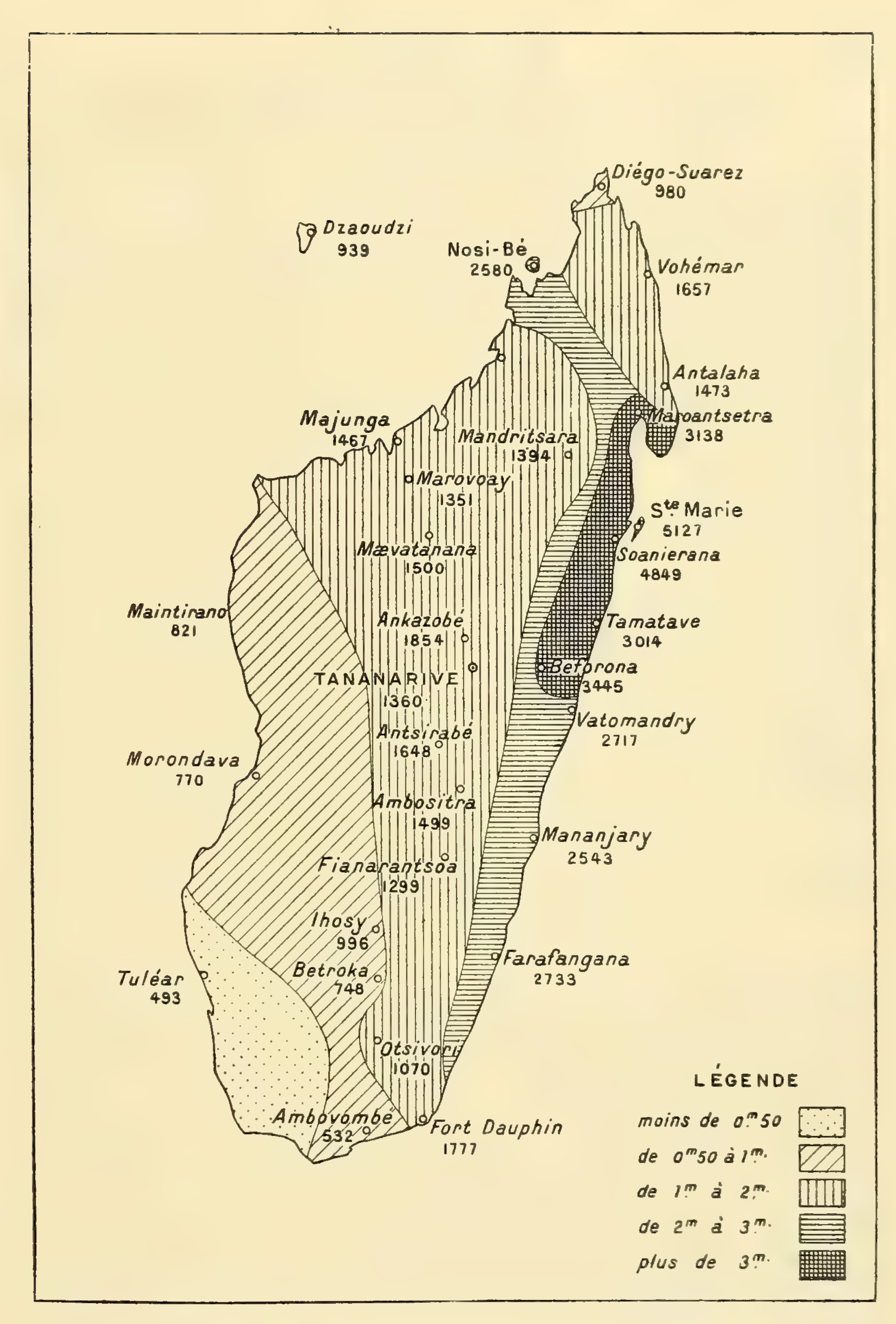


Fig. 50. — Carte hyétométrique. Moyenne annuelle des pluies.

TABLEAU 31. — **Jours de pluie au-dessus de 1 millimètre d'eau recueillie.**

	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	SAISON	NOV.	DÉC.	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	SAISON	ANNÉE
Dzaoudzi* . . .	2	1	1	1	2	7	14	4	8	11	9	6	4	42	56
Diégo Suarez. .	1	1	2	1	1	1	7	2	8	15	11	11	5	52	59
Vohémar. . . .	7	9	11	10	8	8	53	9	12	12	13	12	11	69	122
Antalaha. . . .	7	11	14	11	8	7	59	8	11	12	11	10	11	63	122
Maroantsetra. .	18	17	21	22	13	9	100	9	16	16	15	18	19	93	193
Soanierana* . .	16	19	21	23	17	12	108	14	17	19	18	16	17	101	209
Sainte-Marie*. .	17	23	18	20	12	11	101	8	14	17	16	21	20	96	197
Ivoloina. . . .	14	14	19	17	12	10	86	10	14	16	11	11	11	73	159
Tamatave . . .	15	16	21	16	12	9	89	9	16	16	16	18	16	91	180
Beforona* . . .	13	14	14	15	8	12	76	9	16	17	21	18	16	97	173
Vatomandry . .	12	13	16	13	9	8	71	8	13	15	16	16	15	83	154
Mananjary. . .	9	10	11	9	7	8	54	7	11	14	14	14	12	72	126
Farafangana . .	12	12	15	10	10	9	68	9	15	14	16	18	14	86	154
Fort-Dauphin. .	10	9	7	7	7	6	46	5	8	9	11	10	10	53	99
Tulear.	2	1	1	0	1	2	7	2	3	6	5	3	2	21	28
Ambovombé*. .	5	2	3	3	4	3	20	4	7	7	7	6	2	33	53
Morondava. . .	1	0	0	0	0	1	2	3	7	10	9	5	1	35	37
Maintirano. . .	1	0	0	1	1	1	4	3	6	8	9	7	2	35	39
Majunga. . . .	1	0	0	1	0	1	3	6	12	16	15	10	4	63	66
Marovoay*. . .	0	0	0	1	1	2	4	6	13	16	16	10	4	65	69
Mævatanava . .	0	0	0	1	1	3	5	8	14	17	15	12	5	71	76
Analalava . . .	1	0	1	1	1	4	8	7	14	18	16	11	5	71	79
Mandritsara . .	1	1	2	1	1	2	8	5	12	13	15	11	4	60	68
Nosy-Bé. . . .	6	5	5	7	6	9	38	12	16	20	17	15	10	90	128
Ankazobé . . .	2	0	1	1	2	6	12	10	17	15	16	15	5	78	90
Nanisana . . .	0	1	2	2	2	5	12	8	15	15	14	13	4	69	81
Observatoire . .	2	1	2	2	3	6	16	9	16	16	17	12	6	76	92
Antsirabé . . .	4	2	2	3	3	7	21	13	21	20	17	15	9	95	116
Ambositra . . .	6	3	5	4	4	7	29	12	20	17	17	18	7	91	120
Fianarantsoa. .	5	3	5	3	4	5	25	9	15	15	16	12	7	74	99
Ihosy	1	0	1	0	2	3	7	5	12	10	8	5	2	42	49
Betroka	1	2	0	1	2	2	8	6	9	10	8	5	2	40	48
Tsivory*. . . .	0	1	4	1	5	4	15	10	14	17	13	8	2	64	79
Tananarive. Total des jours avec précipitation quelconque.															
Observatoire . .	11	11	11	9	9	11	62	13	19	21	22	19	13	107	169

Cette règle ne serait pas entièrement applicable à Maroantsetra et stations immédiatement voisines, où le nombre de jours pluvieux serait quelque peu plus important.

Enfin ce procédé simple ne rendrait pas compte de la situation de l'Extrême-Sud : c'est la région de Madagascar la plus déshéritée en eaux pluviales. Par contre tous les explorateurs et administrateurs ont signalé l'abondance exceptionnelle des rosées quotidiennes, qui seraient assimilables à une bruine au point de vue de l'humidité reçue de ce chef par le sol.

Revenons, après ces exposés, aux chiffres du tableau.

Les grandes lignes d'une classification par régions y sont apparentes. Les cartes la rendront plus sensible à l'œil.

D'après les pluies, il devient d'abord facile de diviser l'année en deux périodes. Nous avons indiqué comment le début d'un mois ne coïncide pas nécessairement avec le commencement d'un nouveau régime. Pour le plus grand nombre des stations malgaches, octobre appartient encore à la saison sèche, et avril doit plutôt être compté dans la saison des pluies. C'est ainsi que nous avons coupé l'année.

1° Régions orientales. Pluies d'hiver. — Leur caractéristique principale est l'absence de période absolument sèche : outre la saison particulièrement pluvieuse de la mousson, qui serait ici décembre à avril, on retrouve une nouvelle série de précipitations en mai, juin, juillet, août, correspondant au règne de l'alizé. Entre le cap Masoala et Tamatave la différence de hauteur d'eau entre ces deux périodes est relativement faible, mais le contraste s'accuse si l'on s'éloigne vers le Nord ou vers le Sud. Les mois les plus desséchés sont ici, septembre, octobre et novembre. Il est remarquable de voir qu'en novembre le Plateau central est plus arrosé que la côte Est, pourtant incomparablement plus humide au total.

Si maintenant on recherche l'analyse des relations entre ces résultats et ceux des autres éléments météorologiques, le rôle des vents et du relief ne peut manquer d'apparaître.

Prenons d'abord la période fraîche de l'année. Si l'on veut bien se reporter à ce qui a déjà été exposé au chapitre des vents, on se rappellera que l'alizé, nourri par l'anticyclone, a une direction générale de Sud-Est à Est-Sud-Est, et subit des changements régionaux qui le font obliquer vers le Nord-Est ou le Sud-Est.

La séparation des deux courants aurait lieu en moyenne entre la latitude de Tamatave et celle de Vatomandry. Donc de Tamatave au cap Masoala l'alizé sera perpendiculaire à la côte, condition très favorable aux précipitations; de plus cette côte est bordée par une chaîne de hauteurs, qui la suit à environ 50 kilomètres à l'intérieur des terres,

gradin haut d'au moins 800 mètres et de 1,200 sur les deux tiers du parcours. Encore une circonstance qui doit augmenter la précipitation.

Dans ces conditions on ne s'étonnera pas que les pluies d'hiver donnent leur maximum bien net dans cette bande de terre. Tamatave a déjà 1 m. 20 d'eau en cette saison, et les deux stations de Sainte-Marie et Soanierana plus de 2 mètres.

Les chiffres de ces dernières ne peuvent être considérés comme définitifs, car les moyennes ne portent que sur cinq ou six années, dont l'une au moins fut exceptionnelle. On peut néanmoins tabler sur un total annuel d'environ 4 mètres en ces endroits, qui constituent le coin le plus humide de la Grande-Ile [1]. Maroantsetra, qui passa longtemps pour le lieu des records, n'a pas sensiblement plus d'eau que Tamatave, et cependant à première vue sa position au fond du long entonnoir aux rives boisées de la baie d'Antongil semblerait indiquer une concentration des ondées. Il nous semble cependant que le résultat énoncé dans le tableau ne doit pas s'écarter fort de la réalité, bien que la durée du fonctionnement du poste de Maroantsetra soit moins longue que celle de Tamatave, et que quelques chiffres visiblement erronés par excès aient dû être éliminés des moyennes. (L'observateur n'avait pas craint d'annoncer 4 mètres d'eau en un mois.) C'est toujours la direction de l'alizé, qui donnerait la solution de cette anomalie apparente. Il est de plus en plus Sud-Est à partir du cap Masoala et par suite se trouve arrêté en grande partie par la chaîne forestière, haute de 1,000 à 1,200 mètres qui forme l'épine dorsale de cette péninsule. C'est là probablement qu'il condense ses nuages et déverse sa pluie. N'arrivant à Maroantsetra que plus tard et en descendant ou du moins ne montant plus, il donnera moins de précipitations à ce chef-lieu de province; par contre il est possible que le nombre total des jours de pluie soit aussi grand ici qu'à Sainte-Marie.

Continuons à remonter vers le Nord; le vent Sud-Est est ici parallèle à la côte, donc n'est pas obligé de la heurter aussi vivement et d'escalader

[1] Les observations faites à Sainte-Marie en 1927 et 1928 donnent des chiffres plus modestes et très comparables à ceux de Tamatave et Maroantsetra.

ses collines d'ailleurs en pente plus douce, car la bande littorale est large de 60 à 70 kilomètres et grimpe lentement jusqu'à 800 mètres.

Logiquement on supposera que les précipitations dues à l'alizé seront moins fortes entre le cap Masoala et le cap d'Ambre; on voit en effet qu'au lieu de 1 m. 50 à 2 mètres elles n'atteignent plus que 59 centimètres à Antalaha; et 51 plus au Nord à Vohémar.

Quant à Diégo-Suarez, il est couvert par le bouclier de la montagne d'Ambre et condamné en hiver au régime sec, et même très sec. On ne sera pas surpris de rencontrer dans ce petit coin de terre la végétation spéciale à la zone occidentale, le régime des pluies y est le même. Toujours en saison fraîche rebroussons chemin et longeons la côte à partir de Tamatave vers le Sud. La première station, Beforona, n'est pas sur le littoral, mais à l'intérieur des terres, sur la première pente au pied des forêts. Les statistiques que nous possédons ne portent que sur quatre années, et furent faites au temps où la construction de la voie ferrée Tananarive — côte Est, avait fait de Beforona un centre pour la direction des travaux. La pluie d'alizé est moins forte qu'à Tamatave, mais importante comme on pouvait le prévoir.

On regrette de ne pas disposer d'une station plus élevée et en forêt, telle que celle de l'exploitation forestière de Périnet. Là sans doute la pluie de saison fraîche aurait un maximum relatif.

Sur la côte au sud de Tamatave, le vent s'incline doucement et soufflera du Nord-Est (Brises de Fort-Dauphin). Ce faisant il frappe obliquement la côte qui se dérobe dans la même direction. Les pluies d'hiver sont abondantes, sans connaître les valeurs élevées de la région Tamatave-Maroantsetra. On pourrait chercher des conditions locales pour commenter les chiffres de Mananjary et Farafangana plus forts que ceux de Vatomandry. La diminution brusque de Fort-Dauphin tient à l'abri partiel des hauteurs qui s'interposent entre le vent et la ville.

2° Plateau central. Pluies d'hiver. — Le total n'en varie guère d'Ankazobé à Fianarantsoa.

Au Nord, Mandritsara qui n'est qu'à 600 mètres d'altitude, et sur le versant Ouest participe nettement à la distribution saisonnière du

Boina. Il n'en saurait être autrement si notre explication du régime par l'action de l'alizé est correcte. La saison fraîche et sèche aurait tendance sur le plateau à débuter en avril, ou au moins au 15 avril. La deuxième moitié d'octobre y appartient déjà à la saison chaude et humide. Nous savons qu'Antsirabé a ses maxima de température en octobre, et que le maximum absolu est souvent en ce mois à Tananarive. On trouvera donc les premiers orages de la saison qui font partie du régime de mousson ou qui s'en rapprochent. C'est surtout à ce moment de l'année qu'on pourrait admettre quelques formations d'orages locaux, qui sont la forme la plus rare de ces manifestations électriques à Madagascar.

La particularité la plus intéressante du plateau central en saison fraîche sera visible si l'on consulte la liste des jours pluvieux, ou les relevés d'humidité relative.

L'alizé manifeste son action, au delà des sommets et de la ceinture de forêts par des pluies fines, des bruines, l'*erika* des Malgaches, des brouillards et des stratus bas. La précipitation de chaque jour est faible, la hauteur d'eau atteint rarement un millimètre à la fois mais pour deux chutes d'un millimètre chaque mois il y a 11 jours de bruines et forte condensation nocturne. C'est la transition entre l'Est et l'Ouest, c'est une humidité encore notable, appréciable pour l'agriculture et l'hygiène qui paraît due tout entière aux souffles d'alizé si nettement prépondérants à cette époque, comme le tableau des fréquences de vent à Tananarive le montrait aussi.

Après cela, qu'Antsirabé, situé dans l'Ankaratra, à 1,512 mètres d'altitude, ait de ce chef un peu plus d'eau hivernale que l'Observatoire, c'est normal. Pour les autres stations il n'est pas défendu de chercher dans des dispositions topographiques la cause des petites différences : voisinage plus grand de la lisière orientale de la forêt, par exemple pour Fianarantsoa; pour Ankazobé en octobre arrêt des premières brises d'Ouest par la masse du Vazobé, haute de 1,776 mètres et qui domine fortement la ville à l'Est.

3° Zone occidentale. Pluies d'hiver. — La zone occidentale la mieux connue et la plus expressive est bien le Boina, de Majunga à

Mævatanana et Mandritsara à peu près. L'homogénéité de son régime de saison fraîche est notable. Absence d'eau, qui coïncide avec des vents d'Est désséchés par leur traversée des hauteurs. Quelques averses espacées en octobre, signes précurseurs de la mousson.

La végétation acclimatée est tout à fait distincte de celle de l'Est et de celle du centre : espèces différentes, caducité des feuilles, époque de floraison et de fructification, tout annonce que les plantes sont adaptées à la soif de six mois, presque sept, car ici avril n'apportera guère d'eau.

Mais si l'on suit la côte vers le Nord, entre les distributions semblables du Boina et de Diégo-Suarez, une enclave plus humide vient former comme une oasis de verdure, où M. Perrier de la Bathie a retrouvé la végétation caractéristique du climat oriental. En effet sans être extrêmement arrosés en saison sèche, sans avoir comme la côte opposée deux périodes pluvieuses par an, Nosy-Bé, la petite plaine du Sambirano, la baie d'Ampasindava connaissent des précipitations d'hiver qui suffisent pour assurer la permanence du feuillage. Nosy-Bé a 42 centimètres d'eau, les stations privées d'Ambalavelo dans le Sambirano, en face de Nosy-Bé, et de Mailaka sur la baie d'Ampasindava dont les observations effectuées aux frais de MM. Millot, sont empruntées par nous à la *Revue agricole et vétérinaire de Madagascar*, recueillent encore 20 à 22 centimètres. Météorologiquement parlant, nous ne saurions établir une discontinuité absolue avec la zone voisine. Que la végétation change nettement avec la température moyenne et au-dessous d'une certaine dose d'eau pluviale, c'est constatation qu'il appartient aux botanistes et explorateurs de préciser. Pour nous simples statisticiens, une transition se manifeste entre les 20 ou 22 centimètres du Sambirano et les 6 centimètres de Majunga : ce sont les 12 centimètres de précipitation moyenne relevée à Analalava, l'une des stations de la première heure, et des plus fidèles dans la régularité de ses observations.

La carte hypsométrique montre clairement que la petite oasis Nosy-Bé-Ampasindava-Sambirano, est voisine de ce massif du Tsaratanana (2,882 mètres), notre point culminant. Le rôle de ce massif en saison chaude, pour la production des orages locaux sera évident; comment il

permettrait à l'alizé, canalisé par une sorte de couloir ou plutôt de barrière de Maroantsetra au Tsaratanana, qui l'empêche de s'épancher au Nord, de venir arroser Nosy-Bé ne nous paraît pas aussi clair. Malgré l'absence de stations pluviométriques sur le parcours, nous n'hésitons pas à supposer que les pentes Sud de cette chaîne sont humides en saison fraîche. Mais pour ce qui concerne la côte, directement en cause, on a dit plus haut que Nosy-Bé, ou plus précisément Hellville, constate rarement la présence de l'alizé (voir chapitre des vents). Ce seraient alors des brises marines des régions Nord-Ouest qui, rencontrant le rivage et ses collines en contact immédiat, donneraient en toute saison de la pluie, plus sensible au Sambirano, encore perceptible quoique plus faible à Analalava. Le rapprochement se ferait plutôt entre les Comores, Dzaoudzi de Mayotte, et Nosy-Bé qu'entre Nosy-Bé et la côte Est. Nous exprimons ici notre sentiment sans y insister davantage; pour nous l'air et les hauteurs bordant les plages auraient une action plus efficace en hiver que le Tsaratanana et l'alizé, sans toutefois exclure complètement cette autre hypothèse.

De Majunga contournant le cap Saint-André, poursuivons notre course le long de la côte : pas de changement de régime à Maintirano. L'Ambongo semble une continuation du Boina; au fond d'un vaste golfe, Morondava constitue en saison froide l'endroit le plus sec de Madagascar : rien ne l'atteint, ni l'alizé qui a perdu toute son humidité des couches inférieures en traversant la grande largeur du Plateau, quand il le traverse; ni la brise de Sud ou de Sud-Ouest, dernière ressource de Tulear, mais sans eau ici. Il semble que toutes les stations de la côte Ouest, de Nosy-Bé à Maintirano, tirent surtout leur alimentation hivernale d'averses locales venues de Nord-Ouest ou d'Ouest.

4° Zone méridionale, pluies d'hiver. — Il y aurait sans doute ici des subdivisions à opérer dans le classement des régions, mais nos renseignements sont vraiment trop maigres et trop dispersés. Ihosy, sur le Plateau, n'a pas dit son dernier mot. Le fonctionnement de la station serait assez long pour inspirer confiance, pendant plusieurs années les chiffres inscrits sur les feuilles mensuelles des pluies sont tellement

faibles qu'ils suggèrent immédiatement l'impression d'autant d'erreurs que de valeurs. Il a été impossible de savoir en fonction de quelle unité ils étaient exprimés et le millimètre de hauteur est resté à l'état de mystère insondable pour l'indigène chargé de la station. Il est donc probable que les moyennes données sont plutôt trop faibles de 100 ou de 200 millimètres pour l'ensemble de l'année. Ihosy doit marquer plutôt une transition qu'une opposition entre Fianarantsoa et Betroka.

Betroka au fond d'une vallée longitudinale, est complètement fermé à l'accès des vents d'Est et de Nord-Est. Ici encore l'absence de l'alizé donnera une saison d'hiver aussi sèche que celle de Majunga, quoique la station soit plus près de la côte orientale que de l'occidentale.

Tsivory sur un éperon au bord d'une large vallée, est encore caché à l'Est derrière un écran montagneux, plus étroit cependant. Autant qu'on en peut juger des résultats de deux seules années d'observations, il y aurait quelques petites pluies d'alizé en fin de saison, ou des averses locales dues au centre thermique observé en ce lieu.

Ambovombé est au bord de la côte de l'extrême Sud.

Les vents d'alizé de Nord-Est ne s'y font pas sentir et ceux de l'Est et du Sud-Est sont assez rares, vu la position de l'anticyclone. Malgré le voisinage de Fort-Dauphin, qui n'est pas à plus de 100 kilomètres, ce sera encore la sécheresse en saison fraîche.

Cette sécheresse régnera sur tout le plateau mahafaly, entre Ambovombé et Tulear : pas d'alizé, pas de pluie. Mais dans cette partie, météorologiquement l'une des plus curieuses et des moins connues de Madagascar, on a souvent signalé l'extrême abondance des rosées, due sans doute en grande partie à la transparence de l'air.

Reste enfin Tulear, dont le total des pluies annuelles ne le cède à nul autre poste pour sa faible valeur. Si nos moyennes sont exactes, il y aurait cependant quelques averses en saison froide, dues à ces vents Sud et Sud-Ouest qui sont une modification locale de la circulation en temps d'anticyclone. Ondées plutôt que pluies, car les 21 jours où elles tombent constituent la moyenne la plus réduite pour une saison entière que présentent tous les climats de la grande île.

5º Saison des pluies. Zone occidentale. — Le lecteur nous pardonnera de ne pas suivre pour traiter des pluies estivales, l'ordre employé en saison sèche. De même que, commentant les chiffres d'hiver, nous partions des contrées directement exposées à l'alizé, procédant en somme du mieux connu au moins connu, ce même mode appliqué à la saison opposée nous amène à envisager en premier lieu les régions soumises à l'action immédiate de la mousson, c'est-à-dire cette partie de Madagascar qui s'étend entre le cap Saint-André à l'Ouest et le cap d'Ambre au Nord. Basses pressions, températures élevées, vents du secteur Ouest et surtout Nord-Ouest; voilà ce que nous en savons déjà. Les résultats de ces conditions météorologiques se lisent dans le tableau des pluies, quantités d'eau recueillie ou nombre de jours pluvieux.

A distance suffisante de la côte malgache pour que le relief du sol n'intervienne guère, et que le centre thermique n'agisse qu'au moyen des basses pressions, les Comores, Dzaoudzi de Mayotte indiquent ce qu'on peut trouver : 75 à 80 centimètres d'eau pour les six mois de novembre à avril, avec quantités maxima, pratiquement égales entre elles vu la durée des mois en janvier et février, descente rapide en mars et avril, moins rapide cependant que la montée de novembre à décembre.

Nous ne serons guère surpris d'avoir à constater un régime analogue pour Diégo-Suarez, valeurs de hauteurs d'eau et de nombre de jours très voisines, sauf en mars de celles de Mayotte. N'y aurait-il pas pour mars une raison de cyclones, qui, plus orientaux à mesure que l'été s'avance, seraient moins sentis aux Comores? Peut-être aussi un vent de mousson, c'est-à-dire ici de Nord à Nord-Est, plus actif?

Dans tout le Boina, Majunga, Mævatanana et jusqu'à Mandritsara, à de petites fluctuations locales près, la quantité d'eau déversée par la mousson est la même. Ce que Majunga gagne par l'action passagère de cyclones, Mandritsara le rattrape par l'altitude. En somme la brise chaude de Nord-Ouest, opérant par orage, donne en moyenne un soir sur deux de fortes averses; les unes ont l'aspect de la tornade sénégalaise, les autres offrent des grains plus modérés; dans l'ensemble c'est à peu près 20 à 40 millimètres, qui tombent, brusquement, en peu de temps,

avec des manifestations électriques violentes. Qu'on relise si l'on veut les récits de voyageurs, ou plus simplement les carnets de route de la guerre de 1895!

Pour la genèse de ces orages, nous n'irons pas chercher bien loin, n'ayant pas le goût des déductions compliquées. Nous connaissons mal les courants supérieurs de l'atmosphère à Madagascar, et l'observation des nuages élevés n'indique rien de très stable pendant la saison des pluies; quant au contralizé dont les vieux auteurs affirment en chœur l'existence pour des raisons *a priori*, le Père Colin l'admet : son successeur attend que des sondages aériens lèvent les doutes à ce sujet. Nous voyons deux faits bien significatifs : au sol la mousson Nord-Ouest chaude et humide, à bouffées irrégulières; dans sa masse, les courants ascendants de convection, très actifs du foyer thermique plusieurs fois décrit dans cet ouvrage; plus haut des restes d'alizé, réchauffés peut-être un peu, privés d'une partie de leur humidité, dans l'ascension de la montagne, mais jouant le rôle d'air froid par rapport à l'étage inférieur.

L'existence de ces souffles faibles d'alizé n'est pas fictive : comment rendre compte autrement du pourcentage des vents d'Est à Tananarive, qui dépasse presque toujours 50 p. 100 au temps de plus forte mousson? Quand l'ascension des heures chaudes a suffisamment rapproché les rives des fleuves superposés, le conflit éclate, et l'orage se forme : air froid sur air chaud ou juxtaposition suivant les cas. Si, comme il arrive de temps à autre, la mousson faiblit et l'alizé se renforce, l'orage restera sur la côte. Dans l'alternative inverse, sa formation a toujours lieu au voisinage de la zone de discontinuité, de compénétration, se déplaçant plus ou moins d'Ouest en Est[1].

Lorsque le sol remonte rapidement au voisinage du littoral, que la

[1] En saison chaude il est facile de voir que la ligne de discontinuité entre mousson et alizé englobe une partie notable de Madagascar. Il y aurait lieu de rappeler à ce sujet les remarques si suggestives de V. Bjerkens dans son travail désormais classique *Dynamics of the circular vortex*. Voir en particulier le paragraphe 39, *On tropical cyclones*, p. 82-83. Nos propres recherches sur cette question ne peuvent trouver place dans ce volume. Le Père Colin est mort trop tôt pour avoir connaissance de l'œuvre de V. Bjerknes.

mousson heurte des gradins et des pentes, elle peut donner de l'eau sans orage, et le nombre de jours de pluie est accru; quand ce relief atteint les proportions d'une vraie montagne, l'action sera d'autant plus énergique. C'est le Tsaratanana qui fournit d'orages le Sambirano et Nosy-Bé, les observateurs sont d'accord, qu'il s'agisse du D[r] Guiol ou de récents rédacteurs de monographies, pour écrire qu'à Nosy-Bé les orages viennent de la Grande Terre, c'est-à-dire des sommets. Aussi les pluies de mousson qui donnent 1 m. 40 d'eau à Majunga en apportent 1 m. 67 à Analalava, adossée aux modestes collines du mont Loza, en déversent 1 m. 85 dans le Sambirano encerclé de hauteurs et jusqu'à 2 m. 16 à Nosy-Bé, où l'humidité relative ne baisse guère au-dessous de 78 à 80 p. 100 de moyenne.

6° Le Sud en été. — Dans l'Ambongo et le Ménabé, à Maintirano et à Morondava, le vent de Nord-Ouest intervient encore, mais moins actif, tournant plus vite à l'Ouest. La température locale est à peine plus faible que celle du Boina, et l'alizé a dû parcourir trois au quatre fois plus de hautes terres. La lutte entre les vents est moins violente, peut-être leurs températures sont-elles moins dissemblables : le total des précipitations de mousson ne dépasse pas 75 centimètres sur cette côte; par ailleurs les cyclones semblent moins redoutables.

A Tulear le massif d'Anavelona ralentit ou épuise les précipitations venant du Nord. La mousson est bien plus modérée.

Ne montrant d'activité qu'en janvier et la moitié de février, l'eau qu'elle laisse tomber ne sera plus que 45 centimètres, et les averses lourdes ne sont plus que 6 en janvier, 5 en février contre 10 et 9 à Morondava. Entraves au régime de mousson se payant par la sécheresse relative. Si les déviations de l'alizé ne lui donnaient un peu d'eau en hiver, Tulear serait l'endroit le plus aride : en fait il n'est peut-être dépassé en ce point que par l'extrême Sud et le plateau Mahafaly.

Comment en effet ce désert serait-il arrosé, puisque la mousson ne l'atteint guère, ou n'y parvient qu'à bout de souffle, vidée de sa précieuse humidité? Ambovombé est irrémédiablement altéré. Tsivory et Betroka profitent de couloirs ou de convections locales pour remonter leurs

moyennes. Ihosy pourrait avoir de l'eau, une série de vallées bien orientées lui étant favorables. Nous avons dit pourquoi ses chiffres ne méritent qu'une demi-confiance à nos yeux.

7° LA SAISON DES PLUIES SUR LE PLATEAU CENTRAL. — Elle est bien clairement ici en dépendance des masses d'air opposées. Tandis que ces lignes sont écrites, le ciel se couvre au-dessus de l'Observatoire; hier le vent d'Ouest à Nord-Ouest dominait sans conteste depuis le sol jusqu'aux alto-cumulus, et rien ne se montrait au-dessus. L'alizé est pratiquement inexistant depuis deux jours. Le pronostic est facile : temps peu ou point orageux, donnant à peine quelques gouttes d'eau. Et de fait les cumulus ont eu beau bourgeonner, former des orages lointains et promener quelques masses au-dessus de nos têtes, l'Ankaratra est resté dégagé pendant toute la journée, les grondements de tonnerre le soir ne se sont pas rapprochés, la pluie n'a pas donné un millimètre entier en 24 heures. Cependant on pouvait bien noter qu'à l'Est, au voisinage de la crête faîtière, de la ligne de séparation des eaux, les cumulonimbus à enclumes sont montés, et les éclairs fort beaux à la tombée de la nuit, laissaient comprendre que par là, plus près de l'océan Indien, l'air frais avait dû se trouver assez abondant pour amorcer la bataille, l'orage, l'averse.

Que le vent d'Est reparaisse pendant la nuit, ou très modéré le matin, avec tendance à mollir, et nous sommes assurés que la soirée ne s'écoulera pas sans nous apporter 15, 20 ou 30 millimètres de pluie orageuse.

Parmi les stations du plateau, Ankazobé se distingue, assise sur le flanc Ouest d une colline plus haute que les autres, le Vazobé qui mesure un peu moins de 1,800 mètres. C'est aussi la station la plus abondamment pourvue de pluies de mousson avec 1 m. 70, c'est-à-dire plus que n'importe quelle autre ville d'Imerina ou du Betsileo pendant l'année entière.

L'altitude favorise Antsirabé par rapport à Tananarive et le voisinage immédiat des montagnes. Quant à Fianarantsoa, les avantages que lui conféraient son emplacement pour les pluies d'hiver se changent logiquement en inconvénients quand souffle la mousson. La capitale du

Betsileo, plus humectée en saison sèche que celle de l'Imerina, est pour les mêmes raisons plus sèche en saison des pluies.

Nous ne pouvons nous attarder à d'autres cas particuliers, celui par exemple de la plaine lacustre du bassin de l'Alaotra, perdue entre deux chaînes longitudinales; n'ayant d'ailleurs sur cette région que des documents fragmentaires, nous renverrons le lecteur à l'étude qu'en a publiée M. Longuefosse, ingénieur d'hydraulique agricole, dans le *Bulletin Économique.*

8º Saison d'été sur la côte orientale. — Ici, comme toujours, l'eau abonde. Les pluies de mousson se montrent même plus généreuses encore que celles d'alizé; ou plutôt, en saison chaude, les deux agissent à la fois ou successivement. Si notre hypothèse est exacte, si les orages de mousson proviennent à Madagascar de la rencontre orageuse entre les vents d'Ouest chauds et humides et les vents d'Est frais et également humides, c'est l'absence momentanée de l'un des deux adversaires qui peut seule arrêter la génération des tourbillons et des cumulo-nimbus à enclumes. Dans l'Ouest, parfois l'alizé manquera; la mousson plus rarement; donc journées ou pér odes de sécheresse.

De même sur le Plateau qui enregistre à cette époque 21 jours de pluie par mois dont 16 au-dessus de 1 millimètre. La proportion est au moins aussi forte sur la côte orientale.

Ici l'on peut être assuré que l'air froid ne manquera jamais : la mer en assure le renouvellement constant, et l'Est a toujours quelques souffles, ne fût-ce qu'au titre de brise diurne. La mousson a contourné l'île par le Nord, descendant à Tamatave et Vatomandry en vents de Nord et de Nord-Est. La région entre les deux caps d'Ambre et Masoala sera encore la plus pauvre : elle est bien éloignée du centre d'action de hautes pressions et de l'alizé. Les brises rafraîchissantes y sont plus rares. Elle récolte à peu près 1 mètre d'eau à ce moment, ce qui constitue encore un total appréciable, voisin de celui de Diégo.

De Tamatave à Farafangana la distribution est sensiblement uniforme se tenant partout entre 1 m. 70 et 1 m. 85. Il faut faire exception pour les grands récepteurs de pluies : Sainte-Marie, Soanierana, et cette fois

Beforona, sur les premiers gradins de la montagne. Si nos résultats sont exacts on recevrait en saison chaude 2 m. 70 à 2 m. 90 de précipitation en ces trois endroits; la concordance pratique de ces chiffres semble bien avoir la valeur d'une indication provisoire.

§ 4. QUELQUES AVERSES

On a décrit les variations moyennes de la pluviosité selon les mois et les emplacements, ainsi que l'influence des vents sur leur répartition. On sait aussi que les pluies de saison chaude ont deux origines principales : les orages, presque constamment réservés aux fins de journée et les cyclones où la précipitation se répartit aussi bien la nuit que le jour.

Les grandes pluies et les averses ont donc une double forme, cyclonique ou orageuse. Que cette dernière se retrouve presque exclusivement dans l'après-midi et la soirée indique bien comment la convection, le réchauffement local interviennent pour activer et brusquer les rencontres entre courant de mousson et courant d'alizé. Il y a plus qu'une simple action de présence, et le rôle de la convection est important; lorsque nous disions en termes imagés, que réduite à ses seules forces cette convection nous laisserait mourir de soif, nous n'entendions pas affirmer que ces courants ascendants sont inopérants, mais traduire ce résultat d'expérience que lorsque le réchauffement local du sol intervient seul, il ne donne pas de précipitations sérieuses. Le succès de ses efforts constants n'est obtenu que lorsque les masses d'air froides et chaudes sont déjà en présence, et se côtoient. Dans ce cas seulement, et c'est celui des pluies normales d'été dans la majeure partie de Madagascar, les averses orageuses se produiront.

Le tableau de fréquence des orages à Tananarive a mentionné quelques rares manifestations hivernales : on n'en a pas observé tous les ans, bien que certaines années en comptent trois. Ici nous verrions l'effet de l'arrivée d'un coin d'air chaud dans le bloc frais de l'alizé, et cette manière de voir se confirme du fait que l'orage d'hiver n'a pas lieu à heure fixe, mais tantôt de nuit, voire même à 5 heures du matin, comme

le dernier venu, celui d'août 1926. Ce météore est en général très bref dans sa durée et d'importance médiocre.

Nulle part à Madagascar on ne dispose d'un pluviomètre enregistreur : il est assez difficile de préciser l'intensité réelle d'une pluie d'orage ou de cyclone, les appréciations de durée n'étant souvent qu'approximatives.

On ne s'écartera guère de la vérité en estimant la précipitation fournie par un orage moyen de Tananarive à quelque 20 millimètres. On en voit de beaucoup plus forts; en 1924, par exemple, il nous souvient d'avoir noté 75 millimètres en 3 heures. La quantité d'eau maxima recueillie dans le pluviomètre de l'Observatoire en 24 heures a été 146 mm. 4 le 20 janvier 1907 et 136 mm. 1 le 15 février 1908; tout récemment les 12 et 13 février 1927 on avait 102 millimètres en 24 heures, sur lesquels 58 mm. 9 tombés entre 16 et 18 heures, et 41 millimètres entre 18 heures et 7 heures du matin. Ces chiffres n'ont rien d'excessif en pays tropical, d'autant que sur une période de vingt-cinq ans on n'observe que trois fois seulement des pluies dépassant 100 millimètres en 24 heures, et dans chacune de ces occasions on peut établir un lien apparent avec un cyclone plus ou moins éloigné.

Nous n'avons pas souvenir d'orage ou grain ayant précipité plus de 90 millimètres d'eau en une séance.

Sur la côte on relève 187 millimètres en 24 heures à Mananjary le 11 décembre 1902, toujours au cours d'un cyclone proche : cela ferait 7 mm. 7 à l'heure en supposant une régularité parfaite dans l'intensité du phénomène; dans ce même cyclone le 12 décembre, Farafangana recueille 220 millimètres soit 9 millimètres à l'heure. Le 16 mars 1898 à Beforona on trouve 159 mm. 8 en 12 heures moyenne horaire 13 mm. 2.

Dans le cyclone de février 1900 à Tamatave, le 15 février on note 144 mm. 8 en 18 heures; la même année le 16 mars 147 mm. 5, et le lendemain forte augmentation, avec 119 millimètres en 3 heures, moyenne horaire 39 mm. 6. La crue des rivières fut considérable, mais sans grands préjudices, et le sable du littoral absorba en grande partie l'eau reçue.

Il n'en est pas de même lorsque le terrain est imperméable, comme

celui du Plateau central, car les inondations peuvent devenir graves, surtout pour l'agriculture; les glisssements de terrain s'y constatent, l'humus qui resterait sur les pentes trop dénudées est entraîné et perdu pour les hauteurs, et les ponts ou routes ont fort à souffrir. On vient de citer les cas du 20 janvier 1907, maximum observé à Tananarive. En y regardant de plus près, il devient plus significatif : car les 146 millimètres tombèrent non en 24 heures, mais en 9 heures seulement dans la nuit du 19 au 20 janvier, soit 16 mm. 2 comme vitesse horaire de précipitation. L'orage est souvent capricieux dans sa distribution locale : une forte averse pourra tomber sur le quartier d'Analakely, alors que le Palais de la Reine et l'Observatoire n'auront pas une goutte d'eau, cela s'est vu plus d'une fois. Mais les pluies cycloniques ne connaissent pas ces irrégularités; produites par une cause plus puissante, elles intéressent simultanément de vastes espaces; d'où leurs conséquences.

Si par exemple on cherche à se rendre compte de ce qu'a reçu dans cette nuit du 19 au 20 janvier 1907 le territoire de la commune de Tananarive, entre l'Ikopa au Sud et à l'Ouest, Mananjakaray au Nord, les collines du Fort-Duchesne et de l'Observatoire, à l'Est, la superficie en peut être estimée à 12.5 kilomètres carrés approximativement. Sur cette surface minime il tomba en 9 heures 22,812,500 hectolitres d'eau; pour qui connaît nos rivières de l'Imerina, Ikopa, Sisaona, Mamba, etc... il est bien évident que leur débit à la seconde ne permettra pas d'évacuer rapidement une telle masse d'eau couvrant non plus la commune de Tananarive, mais la totalité de leur bassin d'alimentation.

Dans les orages l'intensité de précipitation peut être sensiblement plus forte, mais de brève durée; le grain orageux donnera plus encore, et le temps de chute sera réduit à quelques minutes. On sait l'incertitude de nos pluviomètres dans ces grains où la pluie fouette horizontalement et ne peut s'engouffrer dans les entonnoirs horizontaux qu'en très faible proportion.

Le grain du 14 février 1891 a donné à l'Observatoire 26 millimètres en 15 minutes de 13 à 13 h. 15, donc 1 mm. 7 par minute.

Le 29 novembre 1915, on mesure 60 millimètres à l'heure 1 millimètre

par minute, et cette valeur est fréquemment retrouvée dans les grains.

Nous ne pouvons présenter au lecteur aucun chiffre sérieux pour les orages du Boina, où le caractère torrentiel de l'averse a été décrit par maint littérateur.

§ 5. HUMIDITÉ RELATIVE

Il est intéressant, en climatologie, de connaître quelle est, à un moment donné, ou habituellement, la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère. A une température déterminée l'air ne peut absorber qu'une quantité finie, parfaitement limitée, avant d'atteindre la saturation complète. Ordinairement il se tient plus ou moins loin de ce point de saturation, très variable avec la température. On exprime sous le nom d'humidité relative le rapport du poids de vapeur d'eau réellement contenue dans un certain volume d'air au poids total de la vapeur d'eau que pourrait contenir ce volume à la même température.

En écrivant pour abréger que l'humidité relative est 76, nous entendons exprimer par là que l'air renferme 76 p. 100 de la quantité de vapeur d'eau qu'il pouvait contenir, vu sa température.

Un seul instrument est en usage dans les stations malgaches pour la détermination de ce pourcentage : c'est le psychromètre d'August qui comporte deux thermomètres identiques suspendus côte à côte. Le réservoir de l'un d'entre eux est entouré de mousseline constamment imbibée d'une eau qui s'évapore librement, et la différence de température entre les deux instruments permet de trouver dans les tables de Renou ou d'Angot quelle est l'humidité relative à ce moment.

Comme on s'en rend compte ce psychromètre n'a rien d'extraordinaire, et cependant il faut bien reconnaître que plus d'un de nos observateurs ne sait pas s'en servir. Il faut seulement que l'évaporation de l'eau se fasse aisément, c'est à-dire que l'instrument fonctionne sous un abri suffisamment ouvert, que la mousseline enveloppe bien le réservoir, et s'imbibe franchement.

La grande difficulté des communications dans un pays immense et de

colonisation si récente, difficulté que les progrès diminuent lentement, ne permet pas les inspections fréquentes de stations par un météorologiste averti.

D'ordinaire on se contente à Madagascar de lire trois fois par jour à 7, 12 et 18 heures les instruments de toute sorte, et l'on adopte pour l'humidité relative moyenne de la journée le tiers de la somme des trois valeurs. Or la variation diurne de l'humidité relative est très grande : l'atmosphère est fort chargée d'eau le matin, comme l'abondance des rosées suffirait à le montrer; à mesure que l'air se réchauffe, sous l'action du soleil, la quantité d'eau qu'il contient n'augmentant guère, il est clair que la proportion entre celle qu'il a et celle qu'il pourrait avoir baissera largement, et son minimum coïncidera à peu près avec l'heure la plus chaude du début de l'après-midi. Au refroidissement l'humidité relative remontera, pour marquer une hauteur à 18 heures un peu plus faible que celle du matin. On voit que si les observateurs peu surveillés changent à leur gré les instants d'observation, et en particulier celui du milieu du jour, le calcul moyen effectué dans leur station ne représentera pas la même chose que celui du poste voisin, où l'on s'en tient strictement aux heures réglementaires.

Surtout il ne faut pas oublier que la perméabilité de la mousseline est une condition essentielle. Or la circulation d'un air chargé de poussières dépose peu à peu sur cette enveloppe mouillée une couche qui, en quelques semaines ou quelques mois sera une vraie gaine, s'opposant à l'évaporation. Le contact trop fréquent de doigts graisseux accroîtra encore la rapidité de ce colmatage. Vu le faible prix de revient de la mousseline, il est plus simple de la renouveler que de la nettoyer : c'est ce que nous faisons fréquemment à l'Observatoire, et que plus d'un indigène — ou européen — oublie de faire dans les stations dispersées du réseau. Il peut arriver encore que l'on néglige de renouveler l'eau du réservoir. De toute façon le résultat est le même : le thermomètre mouillé n'est plus suffisamment humecté, l'évaporation se fait mal, et la différence des températures diminue. A la limite elle serait sensiblement nulle, puisque les deux thermomètres sont secs l'un et l'autre.

Le résultat est toujours une appréciation d'humidité relative trop forte, d'autant plus forte que le thermomètre dit mouillé est plus sec. S'il n'a pas d'eau, le calcul purement fictif indiquera 100 p. 100 à peu de chose près.

Cette remarque explique pourquoi l'on trouve si souvent, pour certaines stations de la colonie, des humidités relatives excessives, et des moyennes qu'on reconnaît fausses à première vue. Le mauvais entretien du psychromètre est seul en cause.

Pour ces raisons on hésitait à poursuivre les statistiques commencées par le Père Colin, et à dresser un tableau des moyennes mensuelles d'humidité relative déduit de l'ensemble des chiffres parus au *Bulletin Économique*. On a cru bien faire en donnant ce tableau, après avoir éliminé dans les relevés partiels ceux qui étaient manifestement erronés. Pour l'observatoire, les données sont beaucoup plus complètes et on trouvera ci-après les moyennes de trente-cinq ans, aux heures des 5 lectures quotidiennes : les variations de nuit sont trop peu importantes pour rendre utile la présentation des moyennes de chacune des 24 heures, aisément déduites des courbes du psychrographe Richard, et des chiffres publiés dans les volumes annuels.

TABLEAU 32. — **Humidité relative à l'Observatoire de Tananarive.**

	7 HEURES	9 HEURES	13 HEURES	16 HEURES	18 HEURES	MOYENNE
Janvier	92.5	82.8	68.3	70.7	78.6	78.6
Février	94.0	85.4	71.6	73.2	80.2	81.1
Mars	93.8	84.6	69.0	69.9	77.6	79.1
Avril	93.6	88.9	66.5	67.7	76.4	77.6
Mai	93.5	84.8	63.0	64.6	74.4	76.2
Juin	93.7	85.0	61.9	65.0	75.0	75.1
Juillet	93.5	83.8	60.5	64.7	75.4	76.7
Août	91.9	78.2	55.5	60.8	71.2	71.7
Septembre	89.5	72.2	52.0	56.8	68.5	67.9
Octobre	87.1	70.0	49.4	54.2	65.9	65.3
Novembre	87.2	71.5	53.1	57.8	69.0	67.6
Décembre	91.0	79.7	64.4	67.8	76.7	75.9
Moyenne	91.8	80.1	61.2	64.4	74.1	74.4

A Tananarive la valeur 100 p. 100 est atteinte surtout pendant les bruines et les matinées hivernales de brouillard; elle n'est pas très

fréquente. La sécheresse est assez grande en septembre pour voir descendre ce pourcentage à 29 et 30 une ou deux fois par an, vers 13 ou 16 heures. On remarquera combien l'humidité est forte à 7 heures du matin : la moyenne annuelle est 92 p. 100 et aux mois les plus secs ne descend pas au-dessous de 87. Le minimum s'observe tantôt à 16 heures, plus souvent à 13, c'est-à-dire au moment de la plus forte chaleur, et les anomalies des variations au cours d'une journée sont assez peu nombreuses.

On peut noter encore que la moyenne des cinq observations, ou moyenne diurne, est peu différente du chiffre trouvé à 18 heures. Nous n'oserions pas étendre cette conclusion plus loin qu'au Plateau central.

TABLEAU 33. — **Humidité relative à Madagascar.**

	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	SAISON	NOV.	DÉC.	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	SAISON	ANNÉE
Diégo-Suarez .	67	64	63	61	61	62	63.0	65	69	73	75	74	69	70.8	66.9
Vohémar . . .	77	76	79	78	78	75	77.3	78	78	80	80	79	79	79.0	78.1
Antalaha . . .	81	78	80	83	81	80	80.5	82	84	83	83	81	81	82.3	81.4
Maroantsetra .	84	85	82	80	83	82	82.7	76	77	78	78	78	80	77.9	80.3
Sainte-Marie. .	90	87	86	85	85	86	86.5	86	98	86	87	89	90	87.6	87.0
Soanierana . .	84	86	85	83	80	83	83.5	82	85	82	84	85	86	84.0	83.7
Ivoloina. . . .	86	84	86	84	83	83	84.3	83	85	83	84	84	84	84.8	84.1
Tamatave . .	81	81	82	80	80	79	80.5	80	81	82	81	82	84	81.6	81.1
Vatomandry .	85	83	82	80	79	80	81.5	81	83	81	83	84	84	82.6	82.1
Mananjary . .	84	84	84	83	82	85	83.6	83	84	83	84	84	84	83.6	83.6
Farafangana. .	84	82	83	80	77	80	81.0	80	82	82	82	82	82	81.6	81.3
Fort-Dauphin .	80	78	76	76	76	75	76.8	75	77	79	82	82	81	79.3	78.3
Tulear	76	74	74	74	73	76	74.5	75	74	78	79	78	77	76.5	75.5
Morondava . .	74	71	71	74	76	76	73.6	75	76	77	76	75	75	75.6	74.6
Maintirano . .	76	76	76	75	75	77	76.0	78	78	78	77	76	76	77.1	76.5
Majunga . . .	65	62	59	58	62	66	62.0	67	70	74	76	73	72	72.0	67.0
Mævatanana .	63	62	66	61	59	62	62.1	69	76	80	79	76	68	74.6	68.3
Analalava . .	69	67	66	64	66	72	67.3	74	78	81	83	81	74	78.5	72.9
Nosy-Bé . . .	79	77	76	75	75	72	76.3	76	77	81	82	82	80	79.7	78.0
Dzaoudzi. . .	85	84	79	80	82	82	82.0	81	81	80	84	86	85	82.9	82.4
Mandritsara. .	71	69	73	69	66	61	68.1	66	69	72	75	74	68	70.6	69.3
Tananarive . .	76	76	76	72	68	65	72.1	68	76	79	81	79	78	76.8	74.5
Antsirabé. . .	71	68	66	63	58	59	64.1	66	76	77	78	77	74	74.6	69.3
Fianarantsoa .	81	79	80	78	72	70	76.8	72	78	80	82	81	81	79.0	77.9
Ihosy	70	75	79	73	68	69	72.3	68	70	75	71	71	69	70.6	71.4
Betroka. . . .	71	67	66	64	57	54	63.1	63	67	73	68	67	64	67.0	65.0

L'humidité relative à l'Observatoire atteint son minimum annuel en octobre, et septembre comme novembre sont aussi des mois très secs. Cependant les premières pluies d'orage ont d'ordinaire fait leur appari-

tion à cette époque. La quantité de vapeur d'eau en suspension dans l'air augmente jusqu'en février, mois où la quantité de pluie tombée en vingt-quatre heures est la plus grande; elle baisse lentement jusqu'en mai, et demeure presque stationnaire en mai, juin, juillet où les bruines venues de la forêt orientale, les rosées de toute la nuit, les brouillards du matin, compensent la baisse de midi. Puis la transition s'opère en août à la descente, transition qui manque en décembre lors de la remontée.

Pour les autres stations malgaches, il faut signaler la sécheresse de Diégo, pourtant port de mer et péninsule, celle de Majunga, de tout le Boina. Nous doutons de l'exactitude des chiffres de Nosy-Bé, qui nous paraissent trop faibles, tandis que ceux de Tulear semblent trop forts. La côte Est avec ses pluies d'hiver, doit avoir une quantité de vapeur d'eau aussi forte en mai, juin, juillet qu'en janvier, février, mars, et le maximum a parfois lieu en avril, le minimum est indiqué presque partout en septembre, alors qu'octobre et novembre ont un total moindre de précipitations. A ce point de vue Fort-Dauphin, Farafangana, Tamatave semblent plus exacts. Les localités où l'alizé est sec, ont leur minimum de vapeur d'eau en août ou juillet; les stations du Plateau plutôt en octobre.

§ 6. ÉVAPORATION

Mesurer les quantités d'eau tombée sur le sol est assez simple : il ne serait pas moins utile de pouvoir analyser ensuite ce que devient cette eau, quelle partie ruisselle et rejoint directement les rivières, combien s'évapore et alimente les nuages, quelle part enfin demeure au sol, s'enfonçant à travers les pores de la surface, ou fixée par la végétation. Malheureusement la technique de ces trois mesures est complexe; le ruissellement peut encore se calculer en partant du débit des cours d'eau qui écoulent le trop-plein d'un bassin tout en drainant aussi les résurgences et les sources. Il ne nous appartient pas de fixer sur ce point des évaluations, qui ressortissent au domaine de l'hydraulique agricole. Les terrains perméables, sables d'alluvions ou des dunes, sont la minorité; les calcaires ne s'observent guère que dans l'Ouest et l'Extrême-Sud.

Toute la masse compacte des montagnes et le plateau du Centre, cet énorme massif à gradins abrupts et ramifications secondaires ou découpures profondes du Nord et du Sud, est composée de terrains anciens, gneiss, granites, argiles de décomposition latéritisées en surface, avec d'importantes inclusions volcaniques, basaltes, etc., surtout dans l'Ankaratra. Donc le sol sera surtout imperméable, le ruissellement actif, et avec lui le ravinement des pentes qui, peu à peu, tend à réduire nos reliefs à la monotonie de la pénéplaine, après arasement et comblement. Ce ruissellement est d'ailleurs utilement exploité par les irrigations de rizières, où le Merina et le Betsileo sont passés maîtres.

La météorologie n'aurait guère à étudier que l'évaporation, mais ce vaste sujet se montre peu accessible à nos moyens.

Tant d'essais infructueux de méthodes et d'appareils ont mis en évidence une telle variété et de telles oppositions dans les résultats, que l'évaporation a lassé la patience du plus grand nombre des météorologistes. En Europe ou aux colonies on se contente souvent de l'évaporomètre Piche, simple, peu coûteux, dont les données, si éloignées qu'elles soient de toute utilisation pratique, offrent au moins l'avantage de permettre quelques comparaisons entre stations munies de ce même instrument. Il n'y a plus en service à Madagascar que ce seul appareil Piche; encore fait-il partie du bagage du seul Observatoire, ou du moins l'Observatoire seul en publie les relevés. Faut-il dire aussi que la circulation de l'air ne doit pas être également active dans tous les modèles d'abris météorologiques? Celui de Tananarive est complètement ouvert, soit; mais les indiscrétions de visiteurs trop curieux ont obligé à enfermer les instruments dans une sorte d'armoire en treillis, et les planches de fond qui supportent thermomètres et évaporomètre apportent certainement une gêne à la circulation, plus aisée à comprendre qu'à évaluer.

Le Père Colin tenta pendant toute la durée de fonctionnement de son premier observatoire, de comparer les résultats du tube Piche à ceux d'une grande cuve à eau, installée tout exprès.

Ce paragraphe reproduira simplement la note par laquelle dans son manuscrit, il résume ces observations.

Pendant cinq années entières plus huit mois (de janvier 1890 à août 1895) on a relevé les lectures des deux instruments suivants : une cuve en zinc entourée de bois, de 1 mètre carré de surface et 60 centimètres de profondeur, exposée à l'air libre, à 1 m. 60 au-dessus du sol, servant à la fois d'évaporomètre et de pluviomètre, grâce à un tube de niveau en verre gradué, et l'évaporomètre bien connu de Piche, placé à 4 mètres de distance du précédent, et sous l'abri météorologique. La cuve possédait en outre un thermomètre immergé dans le liquide; un pluviomètre décupleur scellé sur une pierre voisine permettait des contrôles.

Comme il fallait s'y attendre les résultats diffèrent considérablement, et pour l'évaporation, et pour la pluie recueillie. Peut-on dire qu'une certaine analogie paraît exister entre les phénomènes d'évaporation de surfaces libres, lacustres ou terrestres, et ceux de la cuve d'une part, entre l'appareil Piche et sa rondelle de papier buvard, de 706 millimètres de surface et les conditions des sous-bois? La conclusion ne paraît pas rigoureuse; le Père Colin y voyait un rapprochement possible.

Comme l'indiquent les relevés des tableaux comparatifs l'évaporation à l'air libre surpasse celle de l'instrument sous abri pendant tous les mois de l'année, sauf en juin où les quantités s'équilibrent.

L'époque des minima ne concorde pas : celui de la cuve a lieu en juin, celui du tube en avril; mais il n'y a pas vrai motif de s'arrêter à cette dernière indication; les moyennes portant seulement sur cinq années sont trop brèves pour éliminer la perturbation d'un mois anormal, et avril 1890 le fut notablement : pluie abondante (132 mm.), 15 journées orageuses, donc évaporation faible. Pour l'appareil Piche les moyennes de trente années placent un minimum principal en février, mois de grandes pluies, et deux minima secondaires en avril et juin. L'anomalie d'avril 1890 change un minimum secondaire en minimum principal.

D'avril à juin pour la cuve à air libre, d'avril à juillet pour le tube Piche, la hausse lente de l'évaporation coïncide avec une baisse correspondante de l'humidité relative.

De juillet à octobre l'atmosphère devenant plus sèche, les couches

liquides de la cuve et du tube sont plus rapidement absorbées. La cuve a son maximum d'évaporation en octobre, le tube Piche en novembre, alors que le psychromètre sous abri, variant en sens inverse, accuse la plus faible valeur de la quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère.

De novembre en février, cette quantité de vapeur croît progressivement et la diminution consécutive de l'évaporation suit à peu près du même pas dans les deux instruments comparés; la cuve est encore en avance d'un mois sur le tube Piche et le psychromètre pour la valeur extrême, janvier et février. A cette époque le baromètre enregistre également sa hauteur la plus basse, et le vent sa vitesse la plus faible. En mars maximum secondaire des deux évaporomètres, reprise notable de la vitesse du vent, humidité assez faible.

Tableau 34. — Évaporation à Tananarive. Total mensuel.

	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.		OCT.	NOV.	DÉC.	JANV.	FÉV.	MARS	
							I. — *Grande cuve.*							
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1889-1890. . . .											64.6	70.6	84.0	
1890-1891. . . .	55.5	53.2	53.0	52.7	74.1	86.4		92.4	70.7	57.9	77.0	78.7	69.7	
1891-1892. . . .	66.7	52.0	53.3	53.8	68.1	87.1		83.4	86.8	68.7	61.9	45.3	79.2	
1892-1893. . . .	67.2	61.1	54.8	60.2	70.3	82.0		94.9	91.1	74.6	73.3	76.6	76.4	
1893-1894. . . .	52.7	42.7	40.7	44.0	53.0	87.2		101.1	110.1	73.1	62.4	78.2	85.0	
1894-1895. . . .	70.3	59.4	47.0	53.1	65.1	79.7		96.2	96.3	75.5	75.1	74.1	58.2	
1895	74.0	62.2	53.9	62.5	65.8									
Moyennes. . . .	64.4	55.1	50.4	54.3	66.0	84.5	374.7	93.6	91.0	69.9	69.0	70.5	75.5	469.4
							Total de la cuve 844 mm. 1							
							II. — *Évaporomètre Piche.*							
1889-1890. . . .											47.12	58.63	61.84	
1890-1891. . . .	38.47	55.67	55.54	61.23	86.44	77.67		64.12	54.12	50.94	67.91	58.26	49.96	
1891-1892. . . .	46.76	48.62	55.81	53.16	64.13	64.47		70.69	78.88	64.25	53.63	44.38	60.30	
1892-1893. . . .	65.11	54.70	53.83	62.04	64.74	64.31		88.17	81.40	59.31	61.10	47.95	60.22	
1893-1894. . . .	43.91	41.49	46.84	44.94	54.40	72.10		78.53	87.43	66.46	51.48	44.21	57.68	
1894-1895. . . .	52.80	53.38	46.55	46.14	48.33	62.69		73.35	84.19	53.25	44.98	47.20	48.46	
1895	46.13	44.49	45.22	57.41	49.75									
Moyennes	48.86	49.72	50.63	54.15	61.29	68.25	332.90	74.97	77.20	58.84	54.37	50.10	56.41	371.9
							Total pour le tube Piche 704 mm. 79.							

En résumé, et dans les limites de temps considérées, les deux appareils étudiés pour la mesure de l'évaporation suivent une marche assez compa-

rable, sauf en mai, juin et octobre; avec cette différence toutefois que le récipient placé à l'air libre a des variations plus rapides que celui sous abri et donne des valeurs notablement plus fortes.

La cuve est un moyen peu fidèle pour l'évaluation des précipitations; il faut en moyenne multiplier ses résultats par 2,6 pour retrouver les chiffres du pluviomètre tout voisin : imperfection des lectures, dilatations du grand récipient mal protégé, évaporation, action de la chaleur, etc., autant de motifs de préférer le pluviomètre.

La grande cuve à évaporation serait-elle un instrument plus adéquat pour évaluer les chutes de pluie et leur retour à l'atmosphère dans la région de lacs, marais et rizières qu'est la plaine de Tananarive? Le Père Colin semble le croire et que la précipitation recueillie par une nappe marécageuse sans autre alimentation par ruissellement serait inférieure à la condensation réelle. Le transcripteur laisse à son auteur la responsabilité de cette indication, ne se sentant pas convaincu pour sa part qu'une comparaison soit beaucoup plus légitime entre les relevés d'une cuve en zinc d'un mètre carré et les totaux inconnus d'une grande surface lacustre qu'entre ces mêmes totaux réels mais ignorés et les données si défectueuses du pauvre évaporomètre Piche. Il sera peut-être plus sage d'imiter en cela la réserve des météorologistes des États-Unis, que de multiples essais à échelle plus grande laissent dans l'incertitude. Là ou plutôt les manières utiles d'apprécier la quantité de vapeur d'eau évaporée à l'air libre sur des espaces découverts, nous restent encore inaccessibles. « Amicus Plato, magis amica veritas. » Quant aux comparaisons pluviométriques, citons sans insister les résultats suivants :

Quatre pluviomètres identiques, correctement placés aux quatre sommets d'un rectangle de 2 km. 500 à 3 kilomètres de côté au Nord de Tananarive (Faravohitra), à l'Est (Observatoire), au Sud, à l'Ouest (Andohalo), et tous sur la hauteur, donnent comme moyenne annuelle des deux années 1890-1891.

Station Nord.	Sud.	Est.	Ouest.
1,202 mm. 0	1,246 mm. 6	1,294 mm. 6	1,236 mm. 5

Ceci confirme simplement combien les répartitions des pluies d'orage, notre source principale d'alimentation peuvent donner de divergences.

Faisons mieux. Plaçons sur l'étroite plate-forme de l'Observatoire deux pluviomètres, l'un au Nord, l'autre au Sud, tous deux dégagés vers l'Est et l'Ouest. Il y a entre les deux une distance horizontale de 25 mètres environ; l'un est du modèle de l'association, l'autre décupleur.

	Sud Association.	Nord Décupleur.	Association-Décupleur.
	—	—	—
Février 1892.	339.96	309.86	+ 30.10
Mars 1891.	351.33	301.80	+ 49.53

C'est assez longuement parlé d'un tel sujet.

CHAPITRE XI

PÉRIODICITÉ DES PLUIES

§ 1. PLUIES DE SAISON FRAICHE

On a dit combien notre climat tropical est régulier dans ses manifestations de pression et de température. Les moyennes mensuelles de ces éléments varient fort peu d'une année à l'autre, et les moyennes annuelles n'accusent que des fluctuations encore plus faibles.

Dans leur ensemble, les directions des vents subissent des modifications peu importantes. Cependant des divergences plus notables existent dans les forces de vent, d'alizé, de mousson, de cyclone. La pluie se montre encore plus capricieuse, et le total saisonnier ou annuel des précipitations révèle des écarts qui vont du simple au double et même plus loin. Cette irrégularité mérite donc d'être signalée; sécheresse et pluviosité extrêmes ont leur répercussion sur la vie pratique, sur le rendement des cultures, sur les épidémies meurtrières, sur les invasions de sauterelles, et vont jusqu'à altérer la facilité des communications, les distributions d'eau ou d'électricité dans les villes. Pour donner quelques exemples, on sait que le manque d'eau dans l'Ikopa et la Betsiboka paralyse en

grande partie les communications par chaloupes fluviales entre Majunga et Marovoay, et que la sécheresse réduit les disponibilités électriques de l'usine qui alimente Tananarive. Inversement, un excès de pluies de quelques semaines, parfois de quelques jours, suffit à provoquer des inondations, spécialement sur le Plateau central, causant de forts dégâts aux rizières et s'accompagnant d'une recrudescence de maladies microbiennes.

Il faut donc faire connaître les variations des pluies malgaches. Il serait intéressant de retrouver, dans ces irrégularités apparentes, quelque espèce de périodicité permettant d'en prévoir la séquence. Après bien d'autres chercheurs de tous pays, le Père Colin s'y est efforcé, sans grand succès.

Nous avons signalé au passage quelle influence profonde exerçaient les pluies cycloniques sur les totaux de saison chaude. A première vue on peut supposer que l'alizé se montrera moins inconstant dans ses apports, du moins sur cette côte orientale qu'il arrose si abondamment en saison fraîche. Des chiffres fournis par les stations soustraites à son influence, soit en presque totalité, comme la côte Ouest, soit en partie plus ou moins grande, comme le Plateau central, un argument probant ne pourrait être espéré. Ces totaux sont en effet si réduits, qu'une petite perturbation accidentelle, un simple orage local, suffit à bouleverser les résultats.

Comprenant dans la saison fraîche les mois de mai à octobre inclus, sans revenir sur la répartition géographique des pluies, déjà exposée au chapitre précédent, nous donnons ci-contre le tableau statistique pour les principales stations malgaches (Tableau 35). Ont été volontairement omises certaines localités pour lesquelles les lacunes sont vraiment trop nombreuses. Le lecteur pourra d'ailleurs se rendre compte que certaines valeurs isolées de ce tableau, par l'écart surprenant qu'elle présentent par rapport aux postes peu éloignés, laissent dans l'esprit l'impression que quelque erreur subsiste dans les relevés. En particulier nous ne voyons pas une autre explication aux grandes différences de précipitations d'hiver entre Tamatave et l'Ivoloina, cette dernière station agri-

cole n'étant séparée de Tamatave que d'une douzaine de kilomètres, et peu éloignée du rivage. Les normales des deux stations devraient être sensiblement équivalentes, et les statistiques de la part de Tamatave en 1911-1912-1913 semblent nettement erronées.

De telles comparaisons ne sont malheureusement pas possibles partout. Cependant un rapprochement entre les résultats de Tananarive, Antsirabé et Fianarantsoa laisse planer un soupçon sur les chiffres d'Antsirabé en 1914, 1920 et 1924. On comprend mal en effet comment la sécheresse peut être si marquée à Tananarive, alors qu'Antsirabé accuse des excédents de pluviosité.

Dans les limites de sécurité morale que nous tracent ces simples remarques on peut grouper comme suit quelques dates marquantes :

1° Sécheresse.

La sécheresse est générale en 1902 sauf à Diégo, Vatomandry et Mananjary, cette dernière atteignant juste la normale.

En 1905 le manque d'eau paraît moins étendu. La côte Nord-Est en souffre, alors que le Sud-Est et plusieurs autres stations disséminées çà et là (Tananarive-Nosy-Bé) sont dans l'abondance.

1909 est une nouvelle saison exceptionnellement sèche. Cependant Tananarive accuse un excédent.

En 1910 se place le minimum des pluies d'hiver, sans discordance, et 1911 lui cède peu; 1912 ne rétablit pas l'équilibre, car si la côte Est reçoit beaucoup d'eau, le Nord-Est et le Centre restent toujours au-dessous de la normale.

Il est difficile de retenir les indications de la côte Ouest, aux normales si basses, Nosy-Bé et Analalava exceptés. 1915 autre année où la sécheresse atteint la plus grande partie de Madagascar, sauf la côte Nord-Est qui décidément réclame un régime à part.

1916 laisse une forte disette de pluie à Vohémar, Ivoloina, Vatomandry, Mananjary, et à la côte Ouest tout entière. Par contre le Centre est arrosé normalement. A grande distance l'une de l'autre, Antalaha et Fort-Dauphin auraient reçu leur compte largement.

En 1917 l'Ouest et le Sud-Ouest ont une pluviosité forte et les préci-

TABLEAU 35. — **Pluies de saison fraîche mai à octobre** (en millimètres).

	DIÉGO	VOHÉMAR	ANTALAHA	IVOLOINA	TAMATAVE	VATOMANDRY	MANANJARY	FARAFANGANA	FORT DAUPHIN	TULÉAR	MORONDAVA	MAINTIRANO	MAJUNGA	NOSY-BÉ	ANALALAVA	TANANARIVE	ANTSIRABÉ	FIANARANTSOA
1902.	73	363		449		1,114	853	621			13			290		99		127
1903.	69	738				1,117		961			36			173		113	116	96
1904.	7	443		1,069		1,118	1,148	1,470	1,526		36			433		101		98
1905.	46	282		645		688	1,233	1,180		82	5			771		132		60
1906.	6	486		1,611		1,429	1,870			89	30	4				225		461
1907.	31	677			573	1,067		825	347	39	0					158		
1908.	7	728		1,222	1,580	1,002	893		253		10	74	119	524	170	102	174	83
1909.	18	467	386	817	959	484	761		495		17	73	25		69	135		
1910.	23	460	226	904	977	697	588				0	24	49		65	25		
1911.	24	241			2,234	650	491				7	25			24	62	93	130
1912.		472	160	1,165	2,501	904	1,269			125	46	75			94	60	145	130
1913.		567	340	781	1,443		558		639	64	28	26	9		102	151	169	151
1914.		1,240	1,185	1,457	1,386		854			21	20	20	13		79	86	202	
1915.		771	860	737	883	753	793		319	37	8	0	8		45	65	81	
1916.		403	972	861		217	660		780	14	4	2	1		43	119	236	156
1917.		490	886	815		628	740		1,760	192	58	252	93		119	64	172	129
1918.		452	687	682		879	861	1,060	1,551	62	4	8	41	357	80	62	148	111
1919.		739	764	1,087	1,202		1,110	802			1	41	58		153	102	184	189
1920.			566		1,150	456	563	748			13	39	5		57	37	195	
1921.					1,014		604	893		113	0	0	28	692	171	80	156	
1922.	33	532		1 332	1,320	1,034	933	1,296		36	7	50	25	328	144	197	283	
1923.	41	403		1,157	1,140	1,182	551	643	271	73	22	22	66	387	37	98	167	142
1924.	151	540		1,414	1,294	899	486	368		65	50		63	364	185	79	234	117
1925.		377		920		669	653	1,084	825	55			14	635	194	241		176
Moyennes. . .	41	514	585	982	1,219	862	855	974	765	114	17	64	64	422	119	114	164	169

pitations sont faibles sur la côte Est, Tananarive participant à ce régime oriental.

L'année 1920 semble normale au Nord de Tamatave, en dessous de la normale dans tout le reste de l'île, Antsirabé restant douteux.

Le régime de 1921 est malaisé à définir. Il y aurait excédent au Nord-Ouest, Nosy-Bé et Analalava ; et à l'extrême Sud-Ouest Tulear serait normal, les autres en déficit.

En 1924 la sécheresse est extrême à Tananarive et dans le Sud, de Mananjary à Tulear, et l'année 1925 fournit l'alternative opposée : pluviosité au Nord-Ouest, sur le Plateau central, au Sud-Est, sécheresse relative ailleurs. Il est malaisé de tirer de ces constatations des conclusions d'ensemble. Une seule année montre un accord de toutes les stations, c'est 1910. Dans les autres cas la sécheresse n'affecte pas simultanément l'ensemble de l'île. Elle se produirait par périodes de deux ou trois années consécutives 1909-10, 1911, 1915-1916-1917, 1920-1921, 1924-1925. Sur la côte Est deux parties s'opposeraient, l'une au Nord de Mananjary, l'autre au Sud, ce qui laisserait supposer que l'une des deux branches de l'alizé, qui se divisent à peu près dans cette région, serait alternativement prépondérante. A l'Ouest le régime de la partie Nord, Nosy-Bé à Analalava serait souvent en opposition avec celui de Majunga à Morondava.

Cette complexité des analyses, ces périodes de précipitations faibles qui tantôt couvrent Madagascar tout entier, tantôt l'envahissent par étapes, semblent bien indiquer qu'il serait vain, dans l'état actuel de la question, de chercher des causes simples d'ordre général, comme le seraient par exemple les maxima ou minima de taches solaires. Les conclusions attendront une enquête plus probante.

2° Pluviosité extrême.

Nous limitant encore à la saison mai-octobre, le tableau des précipitations fournit les remarques suivantes :

L'année 1904 est pluvieuse sur la partie Sud des côtes de l'Océan Indien, et peut-être du canal de Mozambique. Elle est normale au Nord-Ouest, plutôt déficiente au Nord-Est et sur le Plateau.

1905 est au-dessus de la normale au Sud-Est, au Nord-Ouest, à Tananarive, sèche au Nord-Est et au Sud-Ouest.

1906 fournit une précipitation anormale par excès sur la côte Est, sauf au Nord, et donne de grandes quantités d'eau au Plateau central.

Situation confuse en 1907, où l'on voudrait posséder des statistiques plus complètes.

1908 pluviosité générale à part Diégo et le Plateau.

1912 donne de fortes pluies sur les parties Sud des côtes Est et Ouest; le Nord et le Centre sont plutôt secs.

1914 très pluvieux à l'Est et au Nord-Est.

En 1918 les grandes pluies sont limitées à la côte Sud-Est, le reste de l'île est au-dessous de la normale, point de partage vers Vatomandry et Mananjary.

1919 pluvieux au Nord, normal ailleurs.

1922 pluies à l'Est et au Centre, pas d'excès dans les autres stations.

Ici encore il nous est impossible de faire appel à des causes universelles. L'unanimité n'est jamais réalisée, même en 1908.

On s'abstiendra donc de conclure.

§ 2. PLUIES DE SAISON CHAUDE

Nous l'avons définie comme embrassant la période novembre-avril. Dans les totaux annuels elle apporte de beaucoup la part prépondérante, la côte orientale ayant seule de fortes pluies en saison fraîche. Des variations locales considérables viennent rappeler comment circulèrent les cyclones (Tableau 36).

1° Sécheresses.

Celle de 1906-1907 serait générale si l'on n'observait un excédent localisé à la côte Sud-Ouest. A ce compte 1901-1902 serait aussi à enregistrer.

L'excédent de 1906-1907 au Sud-Ouest est dû au cyclone du 7 mars 1907.

Celle de 1909-1910 est générale. Exception pour la côte Nord-Est, spécialement Diégo et Vohémar, à cause du cyclone du 4 mars 1910.

TABLEAU 36. — **Pluies de saison chaude. Novembre à avril** (en millimètres).

	DIÉGO	VOHÉMARA	ANTALAHA	IVOLOINA	TAMATAVE	VATOMANDRY	MANANJARY	FARAFANGANA	FORT-DAUPHIN	TULEAR	MORONDAVA	MAINTIRANO	MAJUNGA	NOSY-BÉ	ANALALAVA	TANANARIVE	ANTSIRABÉ	FIANARANTSOA
1901-1902. . .	859	1,282		1,222		1,601	1,595				816			1,334		1,148		
1902-1903. . .	1,410	1,306		1,220		2,021	2,294	2,006			179			2,153		1,261	1,343	861
1903-1904. . .	781	896		1,520		1,941	3,556	1,900			1,161			2,494		1,222	806	
1904-1905. . .	1,424	846		1,783		1,841	2,923	2,428		596	613	801		2,660		1,533	1,703	1,369
1905-1906. . .		1,078		1,612		1,422	1,772	1,995			373					1,761		1,294
1906-1907. . .	407	974		1,412		1,684	1,582	1,513	901	649	862					1,091		
1907-1908. . .	835	1,091			1,914	1,850		1,582	752		408	890			1,302	1,610	1,477	
1908-1909. . .	747	764	506	2,007	2,128	2,453	1,355		378		812	820	1,505		2,183	945		1,107
1909-1910. . .	1,459	1,256	417	1,695	1,418	1,704	1,500				724	422	1,085			865		
1910-1911. . .	620	670	181		1,798	2,295	1,496								1,805	1,359		
1911-1912. . .		1,114	383		2,466	1,811	1,223				719	557				879		
1912-1913. . .		2,218	568	1,752	1,693		2,244		1,359	203	609	530	1,099		1,117	1,286		
1913-1914. . .		2,123	1,813	1,980	2,287		1,490		1,158	394	733	229	2,146		1,453	1,619	1,525	
1914-1915. . .		1,877	1,280	2,011	1,680	1,216	850			520	898	1,119			2,632	1,048	1,386	
1915-1916. . .		1,736	1,068		895	945	1,375		857	176	343	819	1,369		1,912	1,114	1,358	839
1916-1917. . .		1,011	1,251	1,812		2,280	1,604		1,040	352	1,139	1,568	2,019		1,900	1,435	1,594	994
1917-1918. . .			709	1,462		1,203	1,471	1,251	1,695	591	1,679	437	1,888		1,672	1,184	1,257	985
1918-1919. . .		812	900	1,497	1,939	1,643	1,038	1,115	1,418	488	529	157	1,167	1,574	1,203	1,207	1,271	1,259
1919-1920. . .		531	1,149		2,144	1,731	2,542	1,941		185	635	286	1,201		1,321	1,370	1,519	1,058
1920-1921. . .			1,194		1,509		1,820			651	877	982	1,115		1,761	1,198	1,434	
1921-1922. . .		826		1,203	1,304	1,788	1,962	2,904		223	849	1,432	1,158	2,328	1,810	1,628	1,277	
1922-1923. . .	632	1,076		1,732	1,792	1,608	1,407	2,236	454	398	729	1,067	1,126	2,304	1,584	947	1,498	799
1923-1924. . .	1,161	872		2,376	2,115	2,598	1,093	1,063	872	219	642		1,177	2,691	1,621	810	1,322	875
1924-1925. . .		849		3,444	2,104	1,965	1,423	1,826	1,024	235			1,467	2,352	1,652	1,191		1,466
Moyennes. . .	939	1,143	888	1,640	1,795	1,855	1,688	1,759	1,045	379	753	757	1,403	2,159	1,672	1,246	1,384	1,130

En 1910-1911 sécheresse partielle, affectant surtout le Nord-Est. Les statistiques incomplètes pour plusieurs stations ne fournissent pas les limites de la zone sèche. Tamatave est normale. Vatomandry, Analalava, Tananarive ont un excès de pluviosité.

1911-1912 sécheresse sauf pour la région Vohémar-Tamatave (cyclones de janvier-février 1912).

En 1915-16 sécheresse pour le Sud, au Nord pluies normales ou en excès léger.

1918-19 sécheresse générale, sauf à l'extrême Sud.

1921-22 sécheresse localisée à la côte Nord-Est.

1922-23 et 23-24 sécheresses localisées au Sud et sur le Plateau. Celle de 1923-24 donne le minimum absolu à Tananarive pour la période considérée (1901-1925).

2° Années pluvieuses.

1902-1903 (cyclone du début de 1903).

1903-1904 cyclones de février-mars 1904, région de Mananjary.

1904-1905 cyclones de 1905, pluviosité générale.

En 1906 maximum absolu à Tananarive.

1908-1909 période sèche mais maximum dans la région de Tamatave (cyclone de mars 1909), même remarque pour 1911-1912.

1913-14 pluviosité générale.

1916-17 pluvieuse au centre, à l'Est, à l'Ouest, normale au Nord et au Sud.

1921-22 sécheresse au Nord-Est, pluviosité au Centre et à l'Ouest.

1924-25 pluvieuse à l'Est, normale à l'Ouest.

Pour établir la part prépondérante des cyclones dans les excès locaux, il suffit de reproduire le tableau ci-contre dressé par le P. Colin.

Le P. Colin entrevoyait une analogie entre ses quatre types de cyclones et la distribution des pluies de saison chaude. Pour lui les pluies seraient abondantes en décembre sur la côte Nord-Est de Madagascar, de Vohémar à Soanierana, participant à la fois aux types numéros 1 et 2. En janvier la pluie correspondrait plutôt au type n° 3, se manifestant à Tamatave, dans toute la zone des plateaux depuis Tananarive jusqu'à Ambovombé,

enfin sur le littoral occidental. Février verrait une distribution plus inégale, les tempêtes atterrissent en ce mois en divers lieux; la pluie affecterait surtout la zone Diégo-Nosy-Bé-Mandritsara et les stations isolées de Vatomandry et Fort-Dauphin. Enfin mars présenterait une ressemblance avec les trajectoires du type 4, les maxima pluvieux s'observent alors vers Mananjary et Farafangana.

Tableau 37. — **Maximum absolu des stations en saison chaude.**

STATION	HAUTEUR DE PLUIE	ANNÉE	CAUSE PRINCIPALE DU MAXIMUM
Diégo-Suarez.	1,459^{mm}	1909-1910	Cyclone du 4 mars 1910.
Vohémar	2,223^{mm}	1913-1914	— 2 mars 1914.
Antalaha	1,813^{mm}	1913-1914	— 2 mars 1914.
Tamatave.	2,466^{mm}	1911-1912	— 20 janvier-7 février 1912.
Vatomandry.	2,598^{mm}	1923-1924	Cause inconnue
Mananjary.	3,556^{mm}	1903-1904	Cyclones 14 février et 20 mars 1904.
Farafangana.	2,904^{mm}	1921-1922	— 1er février 1922.
Fort-Dauphin	1,695^{mm}	1917-1918	— 8 et 10 février 1918.
Tulear.	649^{mm}	1906-1907	— 22 janvier-7 mars 1907.
Morondova	1,679^{mm}	1917-1918	— 7-8 février 1918.
Maintirano.	1,568^{mm}	1916-1917	— 28 janvier-février 1917.
Majunga.	2,146^{mm}	1913-1914	— 21-29 janvier-3 mars 1914.
Analalava.	2,632^{mm}	1914-1915	— 15 février-6 mars 1915.
Nosy-Bé.	2,691^{mm}	1923-1924	Cause indéterminée.
Tananarive	1,761^{mm}	1905-1906	Cyclones 17 décembre 1905, 27 janvier, 27 février 1906.
Fianarantsoa.	1,466^{mm}	1924-1925	— février 1925.

Ce sont là des nuances plutôt que des traits bien dessinés. Le recul progressif des météores à pluies excessives d'Ouest en Est n'offre pas une régularité absolue; il semble néanmoins correspondre à une tendance réelle.

Le tableau précédent met en relief l'action prépondérante des cyclones dans les excès locaux de pluviosité. Il n'en faudrait pas conclure néanmoins que tout cyclone malgache amène automatiquement des pluies excessives et des inondations. Une statistique à laquelle le P. Colin paraît ne pas avoir songé, pourrait faire constater que, pour des stations météorologiques comprises dans le champ d'action de tel ou tel de ces météores, la hauteur de pluie mensuelle correspondante s'est trouvée en déficit par rapport à la normale. Ces observations n'étant pas des cas isolés, il deviendrait loisible de dresser un tableau de sécheresses

TABLEAU 38. — **Pluie totale du 1er novembre au 31 octobre. Millimètres de hauteur.**

	DIÉGO	VOHÉMAR	ANTALAHA	IVOLOINA	TAMATAVE	VATOMANDRY	MANANJARY	FARAFANGANA	FORT-DAUPHIN	TULEAR	MORONDAOA	MAINTIRANO	MAJUNGA	NOSY-BÉ	ANALALAVA	TANANARIVE	ANTSIRABÉ	FIANARANTSOA
1901-1902. . .	931	1,645		1,674		2,715	2,448				829			1,624		1,247		
1902-1903. . .	1,479	2,043				3,138		2,967			214			2,326		1,374	1,459	957
1903-1904. . .	789	1,338		2,588		3,059	4,704	3,370	2,437	493	1,197			2,927		1,323		
1904-1905. . .	1,471	1,128		2,429		2,529	4,156	3,608		678	618			3,431		1,665		1,520
1905-1906. . .		1,564		2,680		2,851	3,642				403					1,986		1,755
1906-1907. . .	438	1,651				2,751		2,338	1,248	688	862					1,249		
1907-1908. . .	841	1,819			3,494	2,852			1,005		418	894	1,531	2,378	1,472	1,713	1,651	
1908-1909. . .	765	1,231	892	2,824	3,087	2,937	2,116		874		830	893	1,134		2,252	1,080		
1909-1910. . .	1,481	1,716	643	2,599	2,394	2,400	2,088				724	446				890		
1910-1911. . .	644	911			4,021	2,945	1,986				758	960			1,828	1,422		
1911-1912. . .	1,027	1,585	543			2,725	2,492				764	631				819		
1912-1913. . .		2,784	907	2,533	3,136		2,802		1,998	266	637	556	1,108		1,218	1,438		
1913-1914. . .		3,362	2,999	3,437	3,674		2,344			414	753	249	2,160		1,532	1,705	1,727	
1914-1915. . .		2,648	2,140	2,746	2,562	1,969	1,644			557	905	1,119			2,678	1,113	1,468	
1915-1916. . .		2,140	2,040	3,091		1,163	2,034		1,637	190	347	821	1,370		1,955	1,233	1,594	994
1916-1917. . .		1,502	2,137	2,628		2,909	2,344		2,800	543	1,198	1,819	2,112		2,019	1,499	1,969	1,312
1917-1918. . .			1,396	2,144		2,082	2,332	2,312	3,246	653	1,692	446	1,930		1,752	1,246	1,405	1,097
1918-1919. . .		1,551	1,564	2,584	3,141		2,148	1,917			530	198	1,225		1,356	1,308	1,464	1,448
1919-1920. . .			1,655		3,294	2,186	3,105	2,689			648	325	1,205		1,377	1,407	1,713	
1920-1921. . .				2,523	2,523		2,424			764	877	982	1,143		1,931	1,277	1,590	
1921-1922. . .		1,358		2,534	2,624	2,821	2,895	4,199		259	856	1,492	1,183	2,656	1,954	1,826	1,660	
1922-1923. . .	673	1,478		2,889	2,932	2,789	1,958	2,868	815	471	761	1,067	1,192	2,691	1,621	1,046	1,665	941
1923-1924. . .	1,312	1,413		3,789	3,409	3,497	1,580	1,432		278	692		1,240	2,613	1,483	890	1,556	993
1924-1925. . .		1,225		3,024		2,635	2,076	2,910	1,849	286			1,481	2,987	1,846	1,432		1,642
Moyenne. . .	980	1,657	1,473	2,622	3,014	2,717	2,543	2,733	1,777	493	770	821	1,467	2,581	1,791	1,360	1,648	1,299

relatives en temps de cyclone, présentant une sorte de contre-partie de l'exposé précédent. Nous jugeons inutile d'alourdir ces pages de colonnes statistiques supplémentaires : il suffira d'avoir signalé que le fait existe et qu'il ne constitue pas un phénomène absolument exceptionnel.

Dans certains cas il y aura visible influence de la topographie locale. Si nous nous reportons par exemple à ce cyclone du 3 mars 1927, franchement anormal dans sa trajectoire et dans ses signes précurseurs, qui a surpris et ruiné Tamatave en venant de l'Est-Sud-Est, Tananarive donnerait une confirmation singulière de la présente remarque. Le vent dans les rafales y atteignit 35 mètres à la seconde, causant quelques dégâts et le baromètre descendit à 638.5. L'inondation de la plaine autour de la capitale n'avait pas retrouvé semblable niveau depuis 1893, ponts et routes étant coupés à maint endroit. Cette inondation suppose donc une pluviosité extrême pendant les journées des 3-4 et 5 mars. Or, il n'est tombé pendant ces trois jours que 36 millimètres d'eau à l'Observatoire, c'est-à-dire beaucoup moins que la quantité donnée par un seul orage important, et le total des pluies de mars 1927, avec 53 millimètres n'est guère plus que le quart de la normale (190 millimètres). Cette observation fait bien voir le danger des généralisations hâtives.

§ 3. PLUIES ANNUELLES

Au milieu d'un dédale aussi complexe, de réactions si marquées de phénomènes accidentels et de conditions locales, le météorologiste peut-il conserver l'espoir de saisir une périodicité réelle des pluies à Madagascar? En admettant qu'une telle périodicité existe, ne sera-t-elle pas masquée à chaque instant par ces variations irrégulières dont la valeur relative est si considérable?

Le P. Colin ne disposait que de la méthode des moyennes, et de statistiques vraiment bien courtes pour que les lois des grands nombres s'appliquent, avec une apparence de rigueur.

Nous reproduisons ici sans retouche quelques chiffres recueillis par le P. Colin, abrégeant seulement un peu le commentaire qui les accompagne.

Les valeurs des normales météorologiques qu'il utilise sont calculées pour Tananarive sur les années 1889-1917 et, par suite, diffèrent légèrement des nôtres; de plus les totaux de pluie portent sur des périodes de douze mois partant du 1er octobre et non du 1er novembre.

1. — L'analyse des tableaux contenant les normales des éléments météorologiques tels que baromètre, thermomètre, pluviomètre, héliographe, pendant une trentaine d'années, met en lumière une succession de faits instructifs, qu'il importe de signaler.

Si l'on recherche d'abord quelle intensité a pris à Madagascar l'action du centre anticyclonique de l'Océan Indien Méridional, il suffit de consulter dans nos bulletins les colonnes des moyennes mensuelles barométriques de juin à septembre. De tout résultat supérieur ou inférieur à la normale on concluera que le centre d'action situé au Sud et au Sud-Est de l'île s'est fait sentir plus ou moins fortement. Le P. Colin écrit « s'est plus ou moins rapproché de nous ». Cette expression nous paraît moins exacte, car elle laisserait supposer que la pression barométrique a, dans cet anticyclone, une valeur déterminée, ce qui ne pourrait être prouvé. On peut encore, ajoute le P. Colin, s'assurer par la comparaison de la moyenne barométrique annuelle à celle du mois de juin à septembre, qu'il y a bien parallélisme entre leurs variations.

L'emploi de ce procédé conduit à classer les années 1888-1899-1901-1911 et 1914 parmi les maxima, et 1892-1898-1902-1907-1917 parmi les minima. Les pressions notées à Maurice corroboreraient ce classement dans une large mesure.

Or, si l'on groupe dans chacune de ces années les statistiques de températures, d'insolation, de quantité d'eau et de jours pluvieux, il semblerait que les maxima de pression seraient suivis l'année d'après d'une chaleur plus forte et d'une persistance de beau temps; les minima au contraire amèneraient une période troublée (Tableau 39).

On voit que l'énoncé du P. Colin est vérifié pour les maxima de pression, suivis d'une température plus forte et d'une pluie moins abondante. Mais la proposition inverse, à savoir que les années de pression basse sont suivies d'une chaleur moindre et d'une pluie au-dessus de la nor-

male est loin de s'appliquer avec exactitude. On n'en peut guère faire état pour la prévision, tout en constatant que la moyenne élevée des pressions en hiver, juin à septembre, donne quelque probabilité de sécheresse pour l'année suivante.

TABLEAU 39. — **Influence de la variabilité des centres d'action à Tananarive.**

ANNÉES	BAROMÈTRE	ANNÉES	THERMOMÈTRE	INSOLATION	PLUIE	NOMBRE DE JOURS PLUVIEUX
				heures		
Normale.	650.4	normale	18°.5	2,611	1,346^{mm}	91
Maximum 1888.	650.6	1889	19°.4		1,148^{mm}	84
Maximum 1899.	650.6	1900	18°.9	2,653	1,182^{mm}	82
Maximum 1901.	650.8	1902	19°.5	2,863	1,134^{mm}	84
Maximum 1911.	651.0	1912	19°.5	2,673	907^{mm}	77
Maximum 1914.	651.2	1915	19°.2	2,696	1,229^{mm}	78
Minimum 1892.	650.0	1893	17°.6	2,528	1,469^{mm}	95
Minimum 1898.	650.0	1899	18°.1	2,403	1,479^{mm}	91
Minimum 1902.	650.2	1903	18°.9	2,673	1,519^{mm}	107
Minimum 1907.	650.0	1908	19°.3	2,594	1,612^{mm}	93
Minimum 1907.	650.2	1918	18°.2	2,659	1,243^{mm}	76

D'ailleurs le principe fondamental, ou plutôt l'hypothèse sous-jacente, sur l'accentuation d'intensité du centre d'action peut difficilement être défendue par cette méthode. Il y aurait quelque puérilité à considérer l'anticyclone comme un mur de hauteur constante qui enclôt un espace plus ou moins étendu de Madagascar. Le champ isobarique n'a très probablement pas cette valeur fixe, même dans notre hémisphère marin, moins perturbé que son symétrique septentrional. Dans ce champ de haute pression des vagues d'air froid se succèdent, invasions d'air venu du front polaire, séparées par les retours chauds et cycloniques.

Ces vagues paraissent bien de nature à provoquer une recrudescence de pluies d'hiver le long de nos côtes du Sud et de l'Est; pluies et maxima accidentels de pression coïncideront bien, du moins localement mais nous ne voyons pas nettement pourquoi les répercussions en seraient identiques sur des moyennes mensuelles ou annuelles.

Ce jeu de bascule qui fait prédominer tantôt l'alternance Sud anticyclonique, et tantôt la cyclonique Nord, nous paraît, sauf erreur, moins propre à la sécurité de prévisions même semestrielles.

2. — Le P. Colin cherche en second lieu, dans la série des observations de Tananarive, si les phénomènes périodiques d'activité solaire semblent en corrélation avec les éléments météorologiques.

Nous avons réuni dans un double tableau 40 les moyennes ou totaux de pression, de température, de pluie et d'insolation, d'après l'année météorologique du P. Colin, du 1er octobre au 30 septembre suivant, pour les époques de maximum et de minimum des taches solaires.

TABLEAU 40. — **Influence de l'activité solaire sur les éléments de Tananarive.**

ANNÉES	PRESSION	TEMPÉRATURE	INSOLATION	PLUIE
I. — Période de maximum de taches solaires.				
1883				1,593mm
1893	650.2	18.0	2,513	1,886mm
1905	650.4	19.1	2,526	1,865mm
1916	650.2	18.6	2,683	1,534mm
II. — Période du minimum de taches solaires.				
1889	650.2	17.4		982mm
1901	650.4	19.4	2,875	1,126mm
1912	650.8	18.7	2,737	931mm
1923	651.0	19.2	2,882	1,170mm
III. — Année normale.				
	650.4	18.5	2,611	1,346mm

L'inspection de ces valeurs, malheureusement en petit nombre, laisserait entrevoir qu'à Tananarive la pluie serait le seul élément météorologique en corrélation directe avec les années de maximum et de minimum d'activité solaire; les périodes de taches plus nombreuses coïncideraient avec des pluies abondantes, celles de calme avec une condensation moindre. Dans le premier cas l'héliographe accuse une nébulosité importante, excepté en 1916; dans le deuxième cas une insolation de longue durée.

Puisque la recrudescence de condensation ne provient ni d'une hausse de température provoquant un excès d'évaporation, ni d'une baisse pouvant réagir sur la convection, on est naturellement amené à rechercher

la cause de ces pluies dans les influences cycloniques. En 1889 et 1901 Madagascar et Maurice constatent une absence complète de tempêtes sous nos latitudes; aussi la quantité de pluies fut alors insignifiante; le cyclone de 1912 de petit diamètre n'eut à Tananarive qu'une action très limitée. Nos statistiques n'en relèvent point pour 1923.

En 1883 Maurice signale 7 cyclones; 7 également en 1893, Madagascar 2; en 1905 Maurice 8, Madagascar 3; en 1916 Maurice 9, Madagascar 2. Ces chiffres paraissent confirmer la thèse soutenue par Meldrum, ancien directeur de l'observatoire de Maurice, d'après laquelle la fréquence des cyclones augmente dans l'Océan Indien Austral aux époques d'activité solaire (*Monthly Notices, Meteorological Society of Mauritius*, janv.-fév., 1873, sept. 1886). Ce même auteur signale 15 cyclones en 1860 et 16 en 1870; 1927 approchera de ces totaux.

On pourrait ajouter qu'en période de maximum de taches 1905-1906 plusieurs postes météorologiques de Madagascar observèrent un maximum de pluie, entre autres Vohémar, Maroantsetra (5,644 mm.), Tamatave, Vatomandry, Mananjary, Farafangana, Ambositra, Fianarantsoa.

Une remarque analogue est faite en 1916-1917 à Vohémar, Antalaha, Vatomandry, Mananjary, Fort-Dauphin, Tulear, Morondava, Maintirano, Majunga, Analalava, Antsirabé, Fianarantsoa.

Avec le minimum de taches solaires de 1901-1902 coïncide un minimum pluviométrique à Diégo, Maroantsetra, Tamatave, Nosy-Bé.

Encore des minima 1912-1913 à Antalaha, Analalava, Majunga, Maintirano, Morondava, Tulear.

Nous avons parlé plus haut de 1923.

Après ce que l'on a déjà dit des caprices apparents de la pluviosité malgache, des conclusions fermes sont impossibles. On ne peut cependant se défendre de l'impression que les variations à période undécennale de l'activité solaire semblent avoir une répercussion sur certains éléments météorologiques à Madagascar.

3. — Le P. Colin étudie enfin en ces termes le fameux cycle de Brückner.

D'après les recherches du météorologiste Brückner, il existerait en

Europe une période sèche qui s'étendrait de 1886 à 1901, et serait suivie d'une période pluvieuse de 1902 à 1917.

Les observations faites par le P. Roblet de 1886 à 1888 prolongent les séries de l'Observatoire et permettent de vérifier si ces périodes se retrouvent à Tananarive.

De 1886 à 1901 la quantité moyenne de pluie recueillie en un an serait 1,349 mm. 8; pour les années 1908 à 1917 la moyenne atteint 1,383.9 la normale conclue par le P. Colin était 1,346; on a vu plus haut que nous avons adopté 1,360. Les résultats ne sont donc pas en opposition avec le cycle de Brückner, quoique la différence entre les deux périodes humide et sèche se montre plutôt petite.

Nous n'avons pas comme le météorologiste autrichien, la possibilité de remonter le cours des siècles pour y chercher des périodicités météorologiques. Madagascar n'apporte donc pas grand'chose dans ce genre d'études. Nos successeurs le pourront faire si ces méthodes statistiques conservent à leurs yeux quelque prix. (Sur le cycle de Brückner voir Berget, *Où en est la météorologie*, p. 282 et suivantes.)

4. — Avant d'attribuer des périodicités apparentes à des causes d'ordre général comme le serait par exemple l'activité solaire, il serait bon de s'assurer que les variations météorologiques étudiées ne sont pas purement locales. De telles recherches, exigeant une documentation immense, constituent la spécialité de quelques organisations puissantes d'Europe, d'Amérique ou des Indes : il y faut des ressources que Madagascar ne saurait posséder. Se bornant à comparer la pluviosité des deux stations de Tananarive et Maurice, situées à peu près sous la même latitude à 1,100 kilomètres de distance, mais la première en montagne et loin de la mer, l'autre essentiellement maritime et insulaire, le P. Colin remarque des variations dans le même sens en 1886, 1900, 1901, 1905, 1915, 1916, soit six années de corrélation apparente directe, et 8 années de variations en sens inverse dans les deux observatoires, soit 1889, 1892, 1896, 1897, 1898, 1903, 1910 et 1912. On ne s'étonnera pas de ces divergences dans un régime pluvieux où l'alizé et les cyclones ont tant de part. Pour que la comparaison entre des éléments aussi dissemblables laisse quelque espoir

de découvrir ainsi l'action de quelque cause d'ordre général, il faudrait que cette action soit singulièrement puissante en ses effets; et dans ce cas les chercheurs nombreux qui s'attachent depuis de longues années à ces problèmes n'auraient pas manqué de la constater avant nous.

En terminant ce chapitre nous devrons avouer humblement que la prévision des pluies n'est pas possible à Madagascar, dans l'état actuel de nos connaissances. Une corrélation directe entre la pluviosité et le nombre des taches solaires paraît probable à Tananarive et dans quelques stations de la grande île; encore ne faudrait-il pas se hâter d'étendre à toute la colonie le bénéfice de cette apparence. De récentes constatations semblent ouvrir une autre voie, par la considération des anticyclones passagers qui traversent l'Afrique du Sud et font ressentir chez nous leur influence desséchante. Mais ceci n'a plus rien de commun avec le P. Colin et ses méthodes.

Nous terminons ici l'étude des éléments météorologiques malgaches. Il nous reste à rassembler en quelques pages de synthèse les traits climatologiques des principales régions. Nous donnerons ensuite en manière d'appendices l'étude du P. Colin sur l'influence de la Lune, une liste de proverbes et expressions de langue hova se rapportant aux phénomènes de la physique du globe, et enfin quelques monographies de cyclones.

CHAPITRE XII

RÉGIONS CLIMATÉRIQUES DE MADAGASCAR

§ 1. LA COTE ORIENTALE

Les traits principaux du climat, la température moyenne, la répartition des pluies en deux saisons humides se retrouvent sur tout le littoral oriental de Madagascar, depuis la montagne d'Ambre au Nord, jusqu'à Fort-Dauphin au Sud. Cependant sans vouloir nous attacher à toutes les particularités locales, il est commode de diviser cette longue étendue en trois sections. La plus septentrionale couvrirait l'espace compris entre la montagne d'Ambre et le Cap Est ou Cap Angontsy, soit du

13° au 15° de latitude Sud; celle du milieu s'étendrait du Cap Est jusqu'au voisinage d'Andovoranto, du 15° au 19° de latitude, enfin la section méridionale embrasse le reste de la côte d'Andovoranto à Fort-Dauphin du 19° au 25° Sud. A vrai dire la région qui entoure Fort-Dauphin est un peu plus froide et légèrement moins arrosée que Farafangana ou Mananjary; nous ne croyons pas que ces petites divergences nécessitent une classification à part.

1. De la montagne d'Ambre au Cap Est. — On remarquera que cette zone part de la montagne d'Ambre, et que par conséquent Diégo-Suarez n'y figure pas. Les quelques kilomètres carrés ainsi laissés au Nord, ont en effet un climat très différent de celui de la côte orientale, et se rapprochent beaucoup plus du régime de l'Ouest.

Les constatations botaniques de M. Perrier de la Bâthie confirment pleinement cette remarque.

Notre première section est étudiée à l'aide des observations de Vohémar (13°21′17″ Sud-altitude 2 m. 25 au-dessus du niveau de la mer) et Antalaha (14°58′ Sud-altitude 3 mètres); l'une et l'autre possèdent ou ont possédé des stations de prévision du temps.

La pression barométrique mensuelle atteint son minimum en février 757.7 et son maximum en juillet 764.4. Sur toute cette côte on remarque une légère baisse de pression en août.

La moyenne en saison chaude est 759.5, en saison fraîche 762.6.

A l'intérieur de l'île une chaîne qui culmine au mont Tsaratanana, le massif le plus élevé de l'île (2,880 m.) et jette des ramifications vers le Nord, isole complètement cette contrée des voisines. Les hauteurs s'abaissent au Nord en un large seuil, au delà duquel se dresse la montagne d'Ambre. Ce seuil ou col sert de passage, de couloir à plus d'une dépression venue du Nord-Est.

L'étude que nous avons faite au chapitre des vents donne l'explication des particularités essentielles du régime des pluies dans ces provinces. L'alizé y souffle habituellement du Sud-Est et parfois du Sud-Sud-Est. Parallèle à la côte, il apporte moins d'eau qu'à Tamatave, Maroantsetra ou Sainte-Marie.

En régime de mousson d'été on trouvera des brises de Nord et Nord-Est, surtout pendant décembre et janvier. La température atteint son maximum en décembre et février; elle est alors voisine de 25°.8; le minimum 21°.9 a lieu en juillet et août; moyenne de la saison chaude, novembre-avril, 25°.9; moyenne de la saison fraîche, 24°.3. L'amplitude de l'oscillation diurne est voisine de 11°.5 pendant toute l'année. Les extrêmes observés sont 37°.2 et 10°.

L'humidité relative se tient aux environs de 77 p. 100 en saison chaude et de 79 p. 100 en saison fraîche, à Vohémar; elle semble légèrement plus forte à Antalaha. Ces valeurs sont plus grandes que celles de Diégo-Suarez, plus petites que celle de la région médiane Maroantsetra-Tamatave où le climat est notablement plus humide.

Le total des pluies annuelles est voisin de 1,550 millimètres : c'est à peine plus que les quantités relevées sur le Plateau Central; ici, comme sur toute la côte Est, il y a deux périodes pluvieuses dans l'année, soit 550 millimètres en saison fraîche et 1,000 en saison chaude. Les maxima ont lieu en décembre et avril, saison d'orages dans la soirée; les minima se trouvent en octobre et novembre. Pendant la saison fraîche les précipitations s'observent plutôt la nuit, en particulier entre minuit et 5 heures. Il semble que Vohémar recoive plus d'eau qu'Antalaha : ceci pourrait s'expliquer en partie par l'influence du massif montagneux et boisé de la péninsule Cap Masoala-Cap Est; ces hauteurs formeraient écran, provoquant les condensations au Sud d'Antalaha.

2. De Maroantsetra a Andovoranto. — Cette région est surtout remarquable par l'abondance de ses précipitations. Les stations météorologiques y sont plus nombreuses.

Au fond de la baie d'Antongil, c'est Maroantsetra (latitude 15° 28′) altitude 3 mètres; la ville se trouve à la pointe d'un long entonnoir de 80 kilomètres, ouvert directement à l'action des vents de Sud-Est, et bordé sur chaque rive de hauteurs forestières. Le P. Colin avait fait quelques remarques curieuses sur les variations barométriques à Maroantsetra : peu importantes en elles-mêmes, nous n'en parlerons pas ici. Le vent dominant sera le Sud-Est, et pendant la saison fraîche la brise de

terre souffle du Nord-Est, remplacée vers 9 ou 10 heures par le Sud-Est. L'humidité relative est maximum en juin 85 p. 100, minimum en novembre 75 p. 100, forte toute l'année 80 p. 100.

Plus au Sud, et à la latitude commune de 17° Soanierana et Sainte-Marie, la première sur la terre ferme, la seconde sur l'île, peu éloignée de la côte, toutes deux près du niveau de la mer.

Les vents dominants sont du Sud, déviation locale de l'alizé.

La particularité remarquable de ces stations est l'extrême abondance des pluies. Les normales ne peuvent être établies avec certitude, à cause du petit nombre d'années de fonctionnement de l'une et de l'autre. Cependant elles donnent des chiffres assez concordants : 4,800 millimètres annuellement à Soanierana et 5,100 à Sainte-Marie[1]. La saison chaude apporte 2,650 millimètres à Soanierana, 2,880 à Sainte-Marie et la saison fraîche presque autant (Soanierana 2,180, Sainte-Marie 2,240).

C'est avril qui donnerait la plus grande quantité d'eau, octobre et novembre seraient les mois de moindre pluviosité. Toujours dans cette même région, Tamatave et la station agricole de l'Ivoloina sont plus rapprochées de la limite Sud des grandes pluies (Tamatave 18° 9 de latitude, altitude 3 mètres. L'Ivoloina à une douzaine de kilomètres plus Nord (altitude 10 mètres), la quantité annuelle des précipitations serait de 3,014 millimètres à Tamatave, alors que l'Ivoloina donnerait seulement 2,622. Nous croyons que cette différence peu admissible provient d'erreurs accidentelles. En réalité on ne risque guère de se tromper en admettant 3 mètres d'eau pour la normale de cette zone. Tamatave a deux saisons pluvieuses. De novembre à avril le total serait 1,800 millimètres avec maximum peu marqué, les quatre mois de janvier à avril donnant des totaux sensiblement équivalents; de mai à octobre les pluies d'alizé donnent 1,210 millimètres avec maximum relatif en juillet; mai et juin sont fortement pluvieux aussi; août-septembre un peu moins, et le minimum s'observe en novembre.

[1] Il semble, d'après des observations plus récentes, que ces valeurs devraient être sensiblement diminuées, et ramenées vers 3,500 millimètres.

La frontière que nous avons tracée pour cette région passe près de Beforona, poste situé à 110 kilomètres de Tananarive par 19° Sud et 520 mètres d'altitude : c'est la pente boisée du premier gradin du plateau. L'humidité relative qui à Tamatave varie peu 81 à 82°, de moyenne, serait à Beforona 87 p. 100, sous l'influence de la forêt et des pluies.

Ce chiffre n'est qu'une indication, car on ne possède pour Béforona que cinq années d'observations. Ici le total des pluies annuelles serait de 3,440 millimètres, avec maximum en février-mars, minimum en juin-octobre, mais la répartition accuserait un régime fort différent de celui de la côte, soit 2,780 millimètres de novembre à avril, et 660 seulement de mai à octobre. Cette remarque suffirait à montrer l'intérêt de nouvelles recherches, dans les zones intermédiaires entre le littoral et les hauts plateaux.

Pour les autres éléments météorologiques on relève à Tamatave :

Pression barométrique : maximum en août, 767.2, minimum en février 758.9, moyenne de saison fraîche 765.5, de saison chaude 761.2, annuelle 763.4. Les valeurs sont sensiblement les mêmes à Soanierana et Sainte-Marie, mais à Maroantsetra l'oscillation est beaucoup plus faible.

La température est maximum en janvier-février (26°.7) minimum en juillet (20°.7); moyenne de saison fraîche 21°.9 de saison chaude 26°.8, annuelle 23°.9. L'amplitude de l'oscillation entre le maximum journalier et le minimum est remarquablement constante à Tamatave et voisine de 7°.2, si les maxima sont moins élevés qu'à Vohémar, par contre le thermomètre y descend moins pendant la nuit, et le climat de Tamatave sera un peu plus lourd avec ses nuits chaudes; comme valeurs extrêmes on note 38°.9 et 8° [1]. Cette région sera essentiellement favorable aux cultures tropicales riches exigeant à la fois chaleur et forte humidité.

Les vents des régions Sud dominent à Tamatave. Le matin la brise de terre est Sud-Sud-Ouest : au large on observe le Sud-Est. En saison de mousson, les brises de Nord et de Nord-Est dont on a dit plus haut le mauvais renom au point de vue sanitaire.

Si l'on considère le nombre de jours pluvieux (au-dessus de 1 mm.),

[1] Ce dernier chiffre est donné sous toutes réserves.

la région septentrionale en compte 122 par an soit 56 en saison fraîche et 66 en saison chaude, sans maximum mensuel bien net, le minimum 7 ayant lieu en mai.

La région qui s'étend du Cap Est à Andovoranto reçoit ses pluies pendant 195 à 200 jours dans la partie si arrosée de Sainte-Marie à Maroantsetra, 180 jours par an à Tamatave, soit un jour sur deux en moyenne; 173 jours à Beforona. C'est le mois d'août qui tient le record avec 22 et 23 jours à Maroantsetra et Soanierana, juin avec 23 jours à Sainte-Marie; juillet 21 jours à Tamatave; février 21 jours à Beforona. Pour toutes ces stations, sauf peut-être la dernière, c'est en novembre que l'on observe le moins de journées pluvieuses, 9 en moyenne.

3. Zone méridionale, d'Andovoranto a Fort-Dauphin. — Quatre stations principales :

Vatomandry (19° 19′ Sud, altitude 3 à 4 m.).

Mananjary (21° 11′ Sud, même altitude).

Farafangana (22° 50′ Sud, altitude 10 m.).

Fort-Dauphin (25° 2′ Sud, altitude 20 m.).

La pression barométrique à Vatomandry est exactement celle de Tamatave. A Mananjary la différence est à peine sensible, 0 mm. 3 de plus en moyenne. Maximum en juillet, minimum en février. Mais à Farafangana on sent déjà le voisinage plus grand du centre d'action anticyclonique. Inutile de faire remarquer que nous parlons toujours le langage des moyennes, le seul possible en climatologie. La pression est maximum en juillet 769.3, minimum, en janvier 760.1. La moyenne annuelle 765; saison fraîche 767.5, saison chaude 762.5. C'est donc un millimètre de plus qu'à Mananjary.

Fort-Dauphin est encore plus près du centre anticyclonique moyen, année 765.4, juin et juillet 769.3, janvier 761.5, oscillation 7.9, plus faible qu'à Farafangana. Tous ces chiffres sont ceux du P. Colin.

Pour les années récentes nous sommes trop mal renseignés sur les erreurs instrumentales des baromètres pour accorder semblable confiance à leurs indications.

Dans toute cette région, à l'exception du seul Fort-Dauphin, les tem-

pératures moyennes sont celles de Tamatave : de station à station les variantes sont sans signification réelle pour une étude du climat. Quant à Fort-Dauphin, on remarque un abaissement constant de 1° par rapport aux températures de Farafangana. Cela ne suffit pas à constituer un régime spécial.

Donc pour toute cette zone, sauf Fort-Dauphin, on inscrira : température annuelle moyenne 23°.7, saison chaude 25°.7, saison fraîche 21°.6, maximum 26°.5 en janvier et février, minimum 20°.4 en juillet, oscillation diurne 9° environ à Mananjary et Farafangana 7°, à Vatomandry et Fort-Dauphin, maximum absolu 37° minimum 7°. C'est toujours le même climat tropical et les mêmes possibilités culturales climatériques.

Le régime de pluie offre peu de différence pour les trois premières stations : total annuel 2,700 millimètres dont 1,800 en saison chaude et 900 en semestre frais, maximum en février-mars, maximum secondaire en juillet, minimum en octobre. L'humidité relative est sensiblement celle de Tamatave. Nombre moyen des jours de pluies 154 par an dont 84 en saison chaude. Mananjary cependant n'accuse que 126 jours dont 72 en saison chaude.

Le régime des pluies de Fort-Dauphin est assez différent de celui que nous venons de décrire. C'est d'abord la quantité 1,777 millimètres (au lieu de 2,700), dont 1,045 en saison chaude et 732 en saison fraîche; puis la répartition : le minimum est très net en novembre, la progression régulière de mois en mois jusqu'au maximum de février-mars, décroissance jusqu'à un minimum relatif en août, légère reprise en septembre; enfin le nombre des jours 99 en tout dont 53 en saison chaude, minimum de 5 en novembre, maximum de 11 en février.

Sous cet aspect Fort-Dauphin exigerait un classement à part, une quatrième division côtière. Quant aux vents nous avons vu qu'en régime d'alizé la ligne de déviation est tantôt au Nord, tantôt au Sud de Vatomandry, qui ressent du Sud-Est, de l'Est et du Nord-Est; que le courant de Nord-Est tend à se montrer plus fréquent à Mananjary, qu'il prédomine à Faranfagana. Lorsque l'anticyclone est à sa position septentrionale, Farangana ressent surtout des vents d'Est. La brise Nord-Est de

Fort-Dauphin est bien connue. En juin et juillet elle peut tourner au Nord et au Nord-Ouest, le centre qui la produit étant alors au Nord de Fort-Dauphin.

On voit que, somme toute, c'est la pluviosité qui différencie les unes des autres les trois zones que nous avons examinées sur la côte orientale, où même les quatre zones si l'on consent à séparer Fort-Dauphin de Farafangana.

§ 2. LES HAUTS PLATEAUX DU CENTRE

1. Imerina et Betsileo. — On a vu plus haut que l'intérieur de Madagascar peut être assimilé à un vaste plateau dont l'altitude moyenne serait 1,200 mètres; on accède à ce plateau par un gradin intermédiaire de 800 mètres, plus ou moins large, plus ou moins régulier. Pour le botaniste c'est à ce niveau que s'opère la démarcation entre la végétation tropicale des côtes et les espèces végétales propres à l'intérieur.

A ce point de vue particulier la seconde marche de l'escalier n'apporte pas une classification nouvelle : il faut ascensionner les massifs presque inhabités du Tsaratanana, de l'Ankaratra, de l'Andringitra pour trouver vers 2,000 mètres ou même plus haut des espèces endémiques à caractère nettement différent.

Notre climatologie ne peut ainsi escalader les sommets où l'activité humaine ne s'exerce guère jusqu'ici. Contentons-nous d'étudier la partie principale du plateau d'Imerina ou du Betsileo qui représente dans notre Ile la zone tempérée. On remarquera ensuite les quelques traits caractéristiques recueillis dans le gradin intermédiaire ou dans les prolongements descendants du plateau central.

Sur ce plateau nous disposons des stations suivantes :

Ankazobé 18° 24′ Sud, altitude 1,243 mètres, à 79 kilomètres Nord-Ouest de Tananarive.

Tananarive (Observatoire) 18° 55′ Sud, altitude 1,381 mètres. La ville s'étend entre les quartiers bas vers 1,245 mètres jusqu'au Palais de la Reine dont la terrasse est à 1,429 mètres environ.

Antsirabé 19° 52′ Sud 1,521 mètres, déjà poste de montagne et station thermale réputée.

Ambositra 20° 31′ Sud 1,326 mètres, presque sur le même méridien que Tananarive.

Fianarantsoa 21° 27′ Sud 1,261 mètres.

Quelques difficultés peuvent surgir en ces trois dernières villes, des multiples déplacements des instruments météorologiques.

Si l'on veut bien remarquer qu'à Fianarantsoa il y a 60 mètres de différence d'altitude entre le plus haut et le plus bas des six emplacements occupés successivement par l'abri météorologique; qu'à Antsirabé la dénivellation est plus considérable encore entre l'hôtel et la station agronomique où l'on a tour à tour effectué les observations, enfin qu'Ambositra a été plusieurs fois supprimée et rétablie, tantôt comme poste secondaire, tantôt comme station de prévision du temps, on hésitera à comparer entre eux des résultats forcément disparates.

Laissons de côté le baromètre qui, dans cette région, ne nous apprendra rien d'utile.

La température moyenne annuelle est 19°.5 à Ankazobé, 18°.4 à Tananarive, 16°.5 à Antsirabé, 18°.5 à Fianarantsoa, 18°.9 à Ambositra; réduites au niveau commun de l'Observatoire, ces valeurs seraient 18°.9, 18°.4, 17°.1, 18°.1, 18°.3; il suffit de retenir que les résultats de Tananarive, Ambositra et Fianarantsoa sont pratiquement identiques, que Ankazobé exposé sur le versant Ouest, et protégé à l'Est par une montagne, est plus chaud de 0°.5, enfin qu'Antsirabé fait seul exception. Après cette remarque, il suffira d'exposer les moyennes de Tananarive, et de noter les divergences occasionnelles des autres stations.

Le maximum mensuel de la température a lieu à Tananarive en janvier 21°; d'ailleurs la température varie fort peu pendant les cinq mois de novembre à mars; d'où pour la saison chaude la moyenne 20°.5. Le maximum 21°.7 aurait lieu à Ankazobé en novembre; à Antsirabé c'est en janvier 19°.2, à Ambositra en novembre, à Fianarantsoa 21°.2 en janvier.

Le minimum s'observe en juillet (14°.3) à Tananarive; à Ankazobé (16°.4) août serait aussi froid que juillet; en juillet également le minimum

d'Antsirabé ($12^o.2$) et celui de Fianarantsoa ($13^o.6$), en août seulement celui d'Ambositra ($13^o.7$). D'où il résulte qu'Antsirabé, Ambositra et Fianarantsoa verraient en hiver leur thermomètre descendre plus bas que celui de Tananarive, et qu'à altitude égale l'Imerina se refroidit un peu moins que le Betsileo; deux à trois degrés de différence en latitude suffiraient bien à produire ce résultat.

Notons encore : moyenne de la saison fraîche $16^o.3$ à Tananarive, $17^o.8$ à Ankazobé, $15^o.2$ à Ambositra, $15^o.9$ à Fianarantsoa.

Les valeurs extrêmes seront plus intéressantes : à Tananarive l'amplitude diurne des variations de température varie entre $9^o.3$ en février et $13^o.8$ en octobre; Antsirabé dans la montagne, connaît des oscillations plus fortes : $12^o.5$ en février, $19^o.2$ en octobre; les personnes qui recherchent ces contrastes entre le jour et la nuit, les trouvent plutôt à Antsirabé qu'en toute autre ville de Madagascar. A Tananarive le maximum absolu fut 34° le minimum $+ 1^o.8$; à Antsirabé on aurait observé 37° et $-8^o.6$. C'est encore dans cette région qu'il faut se rendre pour voir descendre le thermomètre au-dessous de zéro.

Un des éléments météorologiques intéressants sur les hauts plateaux est l'humidité relative. Comme on l'a remarqué au cours du chapitre des pluies, l'intérieur de Madagascar ressent deux saisons bien tranchées : été chaud et pluvieux, hiver frais et sans averses. C'est là une différence profonde avec la côte orientale, où les deux saisons apportent des pluies; mais la divergence est également profonde vis-à-vis du climat occidental. En saison fraîche la côte Ouest est franchement sèche et les quelques millimètres qu'on y relève proviennent d'ondées ou de faibles orages. Sur le Plateau on ne constate pas une sécheresse réelle, des bruines, de fortes rosées y entretiennent la végétation; aussi la caducité des feuilles n'est-elle pas semblable dans ces deux zones centrale et occidentale.

L'humidité relative, mieux encore que les quantités d'eau recueillies par un pluviomètre, met en évidence ce caractère. Moins forte que sur la côte Est, elle se maintient à un niveau élevé pendant la saison sèche.

A Tananarive la moyenne annuelle est 74.5 centièmes, l'été figurant

pour 76.8, l'hiver pour 72.1. Aux incertitudes près des observations moins soignées dans les autres stations, on peut admettre que ces chiffres représentent bien la situation depuis Ankazobé jusqu'à Fianarantsoa. Le minimum a lieu en octobre, le maximum en février.

Pour les pluies le régime est sensiblement le même dans toutes ces stations. Les mois de saison froide donnent peu, mais aucun ne reste totalement dépourvu d'eau; juin et juillet n'ont que leurs bruines et leurs rosées, à peine un petit orage par saison d'hiver.

Le total des six mois de mai à octobre est peu différent d'une station à l'autre : 114 millimètres à l'Observatoire, la moins arrosée, et 169 à Fianarantsoa la mieux servie. Ce total de six mois équivaut pratiquement à la quantité que donne le seul novembre. Octobre et avril, dernier mois de chacune des saisons, s'équilibrent exactement l'un l'autre, et la limite entre les deux semestres météorologiques serait mieux placée pour le plateau au 15 avril et au 15 octobre.

Pendant les six mois chauds de novembre à avril, l'écart est un peu plus notable entre les postes considérés : les conditions locales, déjà perceptibles en hiver pour les bruines et brouillards au voisinage des forêts, jouent en été un rôle dans l'évolution des orages. Tananarive reçoit 1,246 millimètres d'eau à l'Observatoire, 1,240 à Nanisana, au pied des hauteurs. Antsirabé et Ambositra accusent un peu plus (1,384 et 1,365 millimètres); à Fianarantsoa (1130) il semble que l'écart soit de sens inverse. Enfin le maximum se remarque à Ankazobé (1,704) dû visiblement à la topographie locale. Les vents chauds de mousson et les orages qui remontent la vallée de l'Ikopa viennent se heurter au mont Vazobé (1,778 m.), sur le flanc Ouest duquel est bâtie la ville. Au total la précipitation annuelle est 1,300 millimètres pour l'endroit le plus sec, 1,850 pour le plus humide de cette région étendue.

Si l'on compte le nombre de jours où la pluie a déversé un millimètre et davantage, on en trouve 90 à Ankazobé, 92 à Tananarive (76 en été, 16 en hiver), 99 à Fianarantsoa, 116 à Antsirabé (95 et 21).

Quant aux vents régnants, on se rappelle que les directions Est sont celles qu'on observe presque exclusivement l'hiver, en régime d'alizé,

et même l'été aux jours où la mousson Nord-Ouest est moins nette. Les variantes proviennent soit de la topographie, orientation des vallées, etc., soit au point de vue général, de la tendance qu'offre l'alizé à se déployer en éventail au contact de la côte. Tananarive aura surtout de l'Est et du Sud-Est, les localités plus septentrionales auront du Sud-Est, les méridionales, Antsirabé, Fianarantsoa, de l'Est et du Nord-Est.

2. Gradins intermédiaires et prolongements. — Il n'y aurait pas lieu de s'étendre beaucoup sur la climatologie des étages intermédiaires entre le Plateau central et la côte. Le relief n'y étale pas des pentes douces aux courbes harmonieuses et aux raccords insensibles. Tout au contraire la nature y procède par sauts, par falaises abruptes, par chutes perpendiculaires, si gênantes pour le tracé des routes et des chemins de fer.

C'est surtout à l'Ouest et au Sud du Plateau central que ces échelons présentent une étendue assez large pour mériter l'attention du climatologiste. Mais ce sont précisément les régions les moins étudiées, sans doute parce que l'accès est plus difficile à qui part de Tananarive, et que l'activité de la colonisation s'est portée d'abord vers les points de pénétration plus aisée, vers les contrées aussi où une population moins clairsemée et de mœurs plus douces laissait espérer un meilleur recrutement de la main-d'œuvre.

Nous regrettons d'être trop peu renseignés sur les falaises de l'Ouest. Le remaniement du réseau météorologique de Madagascar permettra quelque jour de reprendre et de compléter ces recherches. Nous laisserons de côté cette vallée profonde qui, courant vers le Nord entre deux chaînes longitudinales, est parcourue maintenant par la voie ferrée de Moramanga au lac Alaotra. Cette région fertile du pays Sihanaka n'avait pas été comprise dans le champ d'action du service météorologique. De belles études ont été faites par le service de l'hydraulique agricole, et nous renverrons le lecteur à ses publications notamment à celles de M. Longuefosse dans le *Bulletin économique*.

En poussant plus loin vers le Nord on arrive à Mandritsara, bifurcation importante des lignes télégraphiques vers Maroantsetra à l'Est, vers Analalava à l'Ouest. Mandritsara 15° 50′ de latitude Sud, altitude 600 mètres.

Le climat est un compromis entre celui des hauts plateaux et celui de l'Ouest, mais c'est l'Ouest qui l'emporte, et on le comprend sans peine, car Mandritsara est sur le versant Ouest des contreforts qui descendent vers Port-Bergé et la mer. Les eaux s'écoulent sans détours excessifs vers la baie de Mahajamba.

Un parallèle entre Mandritsara et Majunga montrerait que les pluies y ont même valeur. Saison d'été Majunga 1,403, Mandritsara 1,326; saison sèche Majunga 64, Mandritsara 68; maximum en janvier 382 à Majunga, en février 383 à Mandritsara; une petite différence de répartition en saison fraîche indiquerait que le relief conserve une petite influence à Mandritsara. Les pluies sont pratiquement nulles à Majunga en juin et juillet, mois qui donnent encore un peu d'eau à Mandritsara, où le minimum ne s'observe qu'en septembre. Jours pluvieux en saison chaude 63 à Majunga, 60 à Mandritsara; en saison fraîche Majunga 3, Mandritsara 8.

Nous n'insisterons pas sur les températures : les statistiques que nous possédons pour cette localité se divisent en deux groupes où les minima sont peu différents, mais par contre les maxima s'écartent de 4°. En fait deux emplacements portent le même nom : mais l'un des deux « Mandritsara ambony », résidence de l'administrateur, se trouve à une altitude plus grande que le « Mandritsara ambany » ou bas, siège du village. Peut-être la station météorologique a-t-elle fonctionné alternativement dans l'un et dans l'autre.

Ce qui confirmerait la divergence de climat entre Majunga et Mandritsara serait l'humidité relative qui, dans ce dernier endroit, serait aussi grande sinon plus qu'à Tananarive, même en saison fraîche, alors que Majunga tomberait plus bas de 10 p. 100 au moins en saison sèche.

Ce sont les chiffres du P. Colin.

Si l'on considère maintenant la partie du plateau central qui s'abaisse vers le Sud de l'île, au delà de Fianarantsoa, les deux emplacements de Ihosy et Betroka permettent quelques considérations. Nous suivons ici le P. Colin.

Ihosy, latitude 22° 25', altitude 868 mètres.

Betroka, latitude 23° 16′, altitude 795 mètres.

D'après notre auteur la température moyenne annuelle serait de 21°.6 à Ihosy et 22°.7 à Betroka. En saison chaude 23°.8 et 25°.1 fraîche 19°.5 et 26°.3, maximum en janvier 24°.6 et 25°.7; minimum en juillet 17° et 18°.2.

Le P. Colin attribue à Ihosy une humidité relative de 72 p. 100 en période de pluies et 70 p. 100 en période sèche, avec maximum 78 p. 100 en juillet, minimum 68 p. 100 en octobre-novembre. Ces chiffres appelleraient un contrôle actuellement impossible, comme aussi les 1,588 millimètres de pluie annuelle répartie en 1,468 d'été et 120 en hiver. En fait janvier est très pluvieux à Ihosy et août très sec; le nombre de jours de pluies serait 49 dont 6 seulement en saison fraîche.

Le vent d'Est prédominerait : mais ici il faudrait rechercher l'action perturbatrice d'une orientation particulière de la vallée. Betroka est moins intéressant pour l'étude des vents, car le village est en cuvette. Le régime d'humidité se rapproche des conditions sèches du sud, avec 64 et 65 p. 100 pour les deux saisons, maximum de 74 p. 100 en janvier, minimum de 51 p. 100 en octobre. Nous voilà cette fois loin du Plateau central. On n'a jamais à Betroka constaté que l'air ait atteint le degré de saturation complète. Une seule fois en dix ans on signale 98 p. 100, en janvier 1909. Certainement Betroka jalonne une région sèche : le total des pluies annuelles est seulement de 748 millimètres dont 72 en saison fraîche avec maximum en janvier et minimum en juin-juillet. Encore que cette station soit à une moins grande distance de la côte orientale que de l'occidentale, ses eaux s'écoulent vers l'Ouest et l'alizé ne les alimente guère. Si l'on se souvient qu'à cette latitude, entre Farafangana et Fort-Dauphin, les vents de Nord-Est prédominent et sont parallèles au rivage, on s'étonnera moins du régime sec de Betroka.

Les jours pluvieux seraient au nombre de 39 dont 7 en hiver.

§ 3. LES PAYS A SAISON SÈCHE

Nous abordons ici le troisième des grands climats de Madagascar. Le premier, celui de l'Est, avec ses trois variantes, se caractérisait par la prédominance de l'alizé, et par des pluies presque aussi abondantes au

cours des deux saisons; le deuxième dont le prototype est le Plateau central, n'a plus qu'une seule saison des pluies, mais conserve au cours de l'hiver l'humidité que l'alizé condense en brouillards et en bruines sur ses sommets et ses forêts. La côte occidentale ne connaîtra plus cette influence bienfaisante des vents d'Est. Desséchées au cours de leur ascension et réchauffées encore à la descente, les brises n'entraînent plus leur cortège nuageux. Dans le Nord seulement le massif élevé du Tsaratanana formera un régularisateur important. Hors de sa zone d'action le climat de l'Ouest se caractérisera par la sécheresse de sa saison fraîche, les températures élevées de l'été, les pluies abondantes de la mousson du Nord-Ouest.

Nous avions eu la tentation, cédant à l'entraînement de la terminologie, de parler ici de climat occidental. La réflexion montre qu'il y aurait inexactitude à s'exprimer ainsi. Il est vrai que, Nosy-Bé et le Sambirano mis à part, tout le littoral Ouest de Madagascar, de Diégo à Morombé, participe à cette alternance remarquable d'une saison des pluies et d'une saison sèche; mais si les quantités d'eau recueillies pendant les six mois les moins chauds restent à peu près les mêmes d'un bout à l'autre de cette bande côtière, les précipitations de la saison des pluies la divisent en deux groupes, où les totaux diffèrent entre eux du simple au double. La côte Nord-Ouest directement ouverte à la mousson d'été en reçoit 1,400 millimètres d'eau, alors que les rivages exposés à l'Ouest depuis le cap Saint-André jusqu'au cap Saint-Vincent, partiellement abrités de son action, n'ont plus que 750 millimètres. Ceci nous paraît introduire deux grandes sections dans la répartition des pays à saison sèche : ce seront le climat du Nord-Ouest et celui de l'Ouest.

Climat du Nord-Ouest. — Cette zone climatérique s'étend du cap d'Ambre au cap Saint-André. Il en faut distraire une petite enclave comprenant la vallée du Sambirano et au large l'île de Nosy-Bé (ou du moins sa partie Sud). Nous rappellerons à part les conditions spéciales de cette surface restreinte, tout entière influencée par le voisinage des massifs du Tsaratanana, et du Manangarivo. Mais il ne paraît pas exister de raison sérieuse pour classer séparément la partie Nord de la côte, du

Sambirano à Diégo. On sait que botaniquement ce coin de terre est identique au reste de la bordure littorale Analalava-Majunga-Cap Saint-André. Si par quelques côtés la péninsule de Diégo s'apparente aux Comores, les variations ne suffiraient pas à justifier une subdivision nouvelle.

Nous ferons état des observations recueillies dans les localités suivantes :

Diégo-Suarez : latitude 12° 10; altitude 40 mètres (Antsirana).

Analalava : latitude 14° 40; altitude 20 mètres.

Majunga : latitude 15° 43; altitude 30 mètres (Phare).

Marovoay : latitude 15° 58; altitude 85 mètres, à 50 kilomètres Sud-Ouest de Majunga.

Mævatanana : latitude 16° 54; altitude 60 mètres, vallée de l'Ikopa, 170 kilomètres de Majunga.

Ces deux dernières villes sont particulièrement précieuses car elles donnent les seuls renseignements que nous possédions sur l'hinterland Nord-Ouest.

Le P. Colin attribue à Diégo et à Majunga la même pression barométrique moyenne 760; nous laissons cette appréciation sous son égide, ne la pouvant contrôler personnellement. L'une et l'autre station ont leur minimum en février, leur maximum en juillet. La différence entre les deux saisons donnerait une oscillation de 2 millimètres à Diégo, et 3 à Majunga.

Températures. Moyenne annuelle à Diégo 26°, saison fraîche 25°.1, chaude 26°.9.

	Année.	Été.	Hiver.	Maximum.	Minimum.
Analalava	27.0	27.5	26.4	avril 27.8	juillet 25.6
Majunga	26.6	27.9	25.4	avril 28.6	juillet 24.2
Marovoay	26.7	28.0	25.4	novembre 29.2	juillet 23.9
Mævatanana	27.7	28.8	26.5	novembre 30.0	juillet 24.5

On voit que la chaleur tend à augmenter de la côte vers l'intérieur, ce qui n'est pas fait pour surprendre, la mer agissant en régulateur sur la côte. C'est elle sans doute qui empêche les maxima de se produire en

novembre sur le littoral, et les retarde jusqu'en fin de saison des pluies. Partout dans cette région, les averses orageuses de décembre à mars abaissent les moyennes thermométriques. De toutes les parties de Madagascar que l'on a étudiées dans cet ouvrage, les plus chaudes sont comprises sous cette rubrique de climat du Nord-Ouest. Il n'est cependant pas absolument certain que pareil rang leur soit définitivement acquis : quelques indices portent à penser que le pied des falaises de l'Ouest ou tel canton du Sud les égale sans doute, peut-être même les dépasse légèrement. Nos successeurs vérifieront ces suggestions.

L'humidité relative est faible, Diégo aurait 66 p. 100, mais le P. Colin assigne seulement 60 p. 100 annuels à Majunga dont 67 au temps des pluies (janvier 73) et 53 en période sèche (août 46). Pour Mævatanana le même auteur cite 64-69-59. Nous considérons ces résultats plutôt comme des indications que des acquisitions. De même Analalava donnerait 70 de moyenne avec 76 en saison chaude et 64 en saison fraîche.

On a remarqué en son lieu quelles difficultés les chefs successifs du service météorologique ont éprouvées au sujet du psychromètre : d'où notre attitude expectante.

Si l'on en vient aux pluies Majunga et Mævatanana sont à égalité pour le total de saison chaude (1,403 à 1,406), Analalava accuse sensiblement davantage avec 1,672. Il y a dans cette dernière localité un léger effet de relief, bien que le mont Loza n'ait rien de l'Everest.

En saison sèche Majunga et Marovoay emportent la palme avec 64 et 54 millimètres seulement pour le semestre entier mai-octobre, Mævatanana recueille un peu plus, 94 millimètres et Analalava 119. Toutes ces localités ont leur pluviosité maximum en janvier et plusieurs mois de saison fraîche ne reçoivent rien, en particulier juin et juillet.

C'est par excellence le pays de la mousson de Nord-Ouest, le centre thermique malgache, le lieu de formation des orages en temps de marais barométrique, et le pays natal des petites dépressions locales.

On y compte seulement 4 jours pluvieux en saison sèche, et 63 à 70 en période des pluies. Analalava lui-même n'en relève que 8 et 71 et par là contraste fortement avec Nosy-Bé et le Sambirano.

Analalava a des vents réguliers : les vents d'Est ou Sud-Est venant de terre en saison fraîche sont le « varatrazo » des indigènes et donnent du clapotis. En saison chaude l'alternance des brises de terre et de mer est bien marquée.

A Majunga le vent est fréquent du Nord-Ouest, mais le matin la brise de terre est plutôt Sud-Sud-Ouest. En hiver juillet-août, l'alizé Sud-Est descend la Betsiboka et se fait sentir sur la baie.

2. Climat de l'Ouest. — Nous interrogerons ici Maintirano et Morondava.

Maintirano : latitude 18° 10, altitude 3 mètres.

Morondava : latitude 20° 17, même altitude basse.

Le baromètre voit monter légèrement sa pression moyenne 762°.6 à Maintirano, 764°.1 à Morondava, la différence entre les deux saisons étant 3 millimètres.

La température moyenne annuelle est bien plus faible que dans la zone Nord-Ouest.

Nous trouvons 25° à Morondava et 25°.6 à Maintirano : ceci est à comparer avec les 26°.6 de Majunga, Marovoay ou les 27° d'Analalava.

Pour la saison chaude Morondava 27°.1, Maintirano 27°.4 : ici l'écart est moins important. Mais en saison fraîche Morondava 22°.8, Maintirano 23°.8, la différence s'accentue.

Le P. Colin remarque que la rosée est abondante à Maintirano au point de mouiller fortement les objets, et en saison sèche le brouillard souvent épais au lever du soleil. Il y aurait un régime assez particulier de l'humidité relative, où le point de saturation serait atteint fréquemment au cours de la nuit. Pour vérifier ces observations, faites par le P. Colin au cours d'une tournée rapide, il faudrait des enregistreurs psychrométriques.

Les seules observations de jour ne sauraient donc renseigner parfaitement. D'après notre auteur les moyennes d'humidité relative seraient les mêmes en ces deux points 77 p. 100, et la variation faible au cours de l'année, à peine un ou deux pour cent de différence entre les deux saisons. D'après cela on pourrait constater encore une divergence appréciable entre le Nord-Ouest et l'Ouest au chapitre de l'humidité relative.

C'est surtout le régime des pluies qui différencie cette région de la précédente.

En saison froide Morondava paraît absolument sec, et avril ne compte guère : en six mois, 17 millimètres d'eau; en sept (avril compris) 26 millimètres. C'est la soif!

Maintirano se rapproche tout à fait de Majunga : même total pour l'hiver, 64 millimètres, chiffres très voisins pour avril.

Mais en saison de mousson le total change : Majunga 1,403 millimètres, Morondava 753, Maintirano 757. C'est janvier qui donne le maximum à Morondava, et février à l'autre station. Ces mois extrêmes ne sont cependant pas très arrosés.

Un détail peut apporter quelque léger correctif : Majunga et Analalava voient figurer dans leurs totaux des appréciations excessives provenant de cyclones. Ces météores ne sont pas destructeurs sur la côte Nord-Ouest de Madagascar, mais apportent beaucoup d'eau : il est des saisons chaudes où Majunga et Analalava reçoivent plus de 2 mètres d'eau, en 1914-1915-1917 par exemple. Pareille aubaine est plus rare à Maintirano et Morondava, et le météore a perdu avant d'arriver là sa violence et beaucoup de sa chaleur latente de condensation.

Nombre de jours pluvieux dans l'année 37 à Morondava dont 2 en hiver, 39 à Maintirano dont 4 en hiver : à peine plus de la moitié de Majunga (66).

Donc régime sec aux deux climats : arrosage de mousson moitié moindre à partir du point où la côte se recourbe au cap Saint-André.

A Morondava comme à Maintirano la brise de terre souffle faiblement depuis minuit jusqu'à 7 ou 8 heures; de 8 à 11 calme absolu, moment le plus pénible de la journée; la chaleur absorbée par le sable devient intense, toute trace de l'humidité acquise durant la nuit disparaît par une évaporation rapide. Dès le milieu du jour la brise de mer s'élève de l'Ouest, et dure jusque vers 20 heures.

Au temps des pluies les orages éclatent en fin de journée ou au commencement de la nuit.

De mai à septembre le ciel reste beau.

§ 4. CLIMAT DU SAMBIRANO

C'est surtout aux belles explorations et aux persévérantes recherches botaniques de M. Perrier de la Bâthie que cette curieuse région doit d'être connue. L'île de Nosy-Bé est l'une des plus anciennes possessions françaises à Madagascar : les observations climatologiques y furent inaugurées par les médecins résidents qu'entretenait le ministère de la marine. Les rapports de ces officiers ne nous sont pas parvenus, à l'exception de l'étude du docteur Guiol dont il a été parlé dans le chapitre historique au début du présent ouvrage. Une station météorologique de la colonie a été fondée à Nosy-Bé en 1901. Située à Hellville par 13°24 de latitude, son altitude au-dessus du niveau de la mer est 4 mètres.

En face et au Sud de Nosy-Bé s'ouvre sur la côte de Madagascar la vaste baie de Pasandava. Le haut massif du Tsaratanana (2,880) domine la vallée de la rivière Sambirano. Ce petit coin de terre large de moins de 100 kilomètres, jouit d'un régime spécial. Nous en connaissons surtout les pluies, grâce aux deux stations de Mailaka et Ambalavelo, fondées par M. Millot. Les travaux de M. Perrier de la Bâthie publiés dans son livre sur *La Végétation malgache*, dans le *Bulletin économique* ou *les Mémoires de l'Académie malgache* ont révélé l'existence au Sambirano d'une flore endémique particulière, contenant des espèces qui ne se retrouvent sous aucun autre climat de la grande île. La pression barométrique moyenne à Nosy-Bé est 760.1. Cette station se ressent du voisinage de la dépression semi-permanente de Majunga. Le minimum 756.6 n'a lieu qu'en mars, le maximum en août. En saison fraîche on observerait 761.3, en saison chaude 758. L'oscillation est donc faible. La température de Hellville est remarquablement constante 26°.5 en été, 24°.6 en hiver, 25°.6 de moyenne annuelle. L'oscillation entre le maximum et le minimum de la journée est de 7° en été, de 8° en hiver.

Le maximum absolu fut de 35°.2 en 1905 et le minimum de 12°.8

en 1907. On peut attribuer à la situation insulaire de Nosy-Bé la faible amplitude de ces variations. Cependant ces chiffres ne sont pas extraordinaires et une comparaison avec Tamatave permet aisément de s'en rendre compte. Les brises de terre sont plus rafraîchissantes à Nosy-Bé qu'à Tamatave.

L'écart de température entre Hellville et Diégo ne dépasse guère 0°.5 en moyenne. Ce n'est donc pas là qu'il faut chercher les raisons d'une végétation autochtone dans le Sambirano. Rapprochées des relevés thermométriques d'Analalava, les moyennes de Nosy-Bé sont plus basses de 1° l'été et 1°.8 l'hiver. Cependant Hellville est à égale distance de Diégo et d'Analalava : mais cette dernière est incluse nettement dans ce centre thermique du Boina dont il a été plusieurs fois question au cours de ce livre.

L'humidité relative est 80 p. 100 d'après le P. Colin et le Dr Guiol et l'écart entre hiver et été ne serait que de 1 p. 100. Cependant la statistique d'ensemble accuserait seulement 78 p. 100 pour l'année avec 76.3 en saison fraîche et 79.7 pour l'autre. Maximum 82 en février-mars, minimum 75 en août-septembre. Quelles que soient les valeurs définitives il reste que cette humidité varie peu d'une saison à l'autre, et qu'elle est beaucoup plus forte que la moyenne des climats à saison sèche du Nord-Ouest et de l'Ouest.

Pendant la saison fraîche, écrit le P. Colin, le *varatrazo* souffle du Nord ou du Nord-Est le matin; le calme est à peu près complet vers 10 heures; la brise de mer du Sud ou Sud-Ouest, le *talio*, est établie vers midi et souffle jusqu'à la nuit.

Pendant la saison des pluies cette succession est moins régulière, à cause des fréquents orages qui éclatent durant la soirée et la nuit. On sait que les orages viennent surtout de la grande terre; a cette époque le vent d'Ouest prédomine en surface.

C'est dans les quantités d'eau recueillies que gît la caractéristique du climat du Sambirano.

Nous trouvons à Hellville un total de jours pluvieux de 128, dont 90 en saison chaude et 38 en saison fraîche. Il suffit de rappeler les chiffres

correspondants de Diégo, Analalava et Majunga pour saisir la différence.

Diégo	56,42,14.
Analalava	79,71,8.
Majunga	66,63,3.

Pour la pluie nous aurons :

	Année.	Saison chaude.	Saison fraîche.
Nosy-Bé	2,581 mm.	2,159 mm.	422 mm.
Ambalavelo	2,060 mm.	1,860 mm.	200 mm.
Mailaka	2,070 mm.	1,851 mm.	219 mm.

La pluviosité en saison chaude est donc au Sambirano tout à fait comparable à celle de la côte orientale. L'encadrement du Sambirano par les massifs à angle droit du Manongarivo et du Tsaratanana où se forment les orages, où se condensent et se précipitent les vapeurs de la mousson Nord-Ouest doit être la principale origine de ces pluies d'été, provoquées sur le versant Ouest, celui qui s'oppose à la mousson. Cette influence locale supprimée, on retomberait sur les quantités recueillies à Analalava plus faibles d'un tiers en été que celles de Nosy-Bé.

Le trait essentiel se trouve dans les pluies de saison fraîche : ici le rapprochement soit avec le climat oriental, soit avec les occidentaux ne fait ressortir que des contrastes, 400 et 200 millimètres ce n'est certes pas la sécheresse. Le Sambirano reçoit deux fois plus d'eau qu'Analalava à cette époque, cinq fois plus que Diégo, trois fois plus que Majunga : et si l'on regarde Nosy-Bé, ces chiffres doivent être doublés : dix fois plus que Diégo, et quatre fois qu'Analalava. M. Perrier de la Bâthie a gravi le Tsaratanana pendant les deux saisons. Il a ressenti combien ce massif arrête et condense les vapeurs d'eau. Son rôle en hiver vis-à-vis de l'alizé est compréhensible; celui du Manangarivo dont les crêtes atteignent 2,000 mètres ne l'est pas moins :

Sans doute les eaux contenues dans les couches basses de l'alizé se seront déversées à l'Est, le long des chaînes : mais le Tsaratanana domine de plus de 1,000 mètres les arêtes qui s'appuient sur lui.

A ces niveaux il trouve encore assez d'humidité pour s'encapuchonner de nuées, s'entourer de brouillards, et les forêts qui recouvrent ses pentes s'imbibent, absorbent, étendent leur action sur tout le massif. Les ruisseaux du versant Ouest en profiteront un peu mais l'alizé est arrêté : ce sont les pentes orientales du massif qu'il arrose. On affirme sur la côte Ouest que l'alizé desséché provoque une recrudescence de paludisme. La partie Sud de Nosy-Bé et le Sambirano ne reçoivent pas ces souffles pernicieux. Chose curieuse, le Nord de Nosy-Bé n'est pas ainsi protégé et se montre sec. Des brises marines existent encore en hiver; sans avoir la régularité et l'abondance de l'alizé, elles apporteront directement leur quote-part; et si Sainte-Marie, sur le littoral oriental suffit malgré son faible relief à précipiter des quantités considérables, Nosy-Bé et Nosy-Komba dont les accidents de terrain culminent en des pitons volcaniques de 500 à 600 mètres pourront condenser des vapeurs et s'alimenter suffisamment malgré la saturation moindre des vents : dans une note récente présentée à l'Académie malgache, M. Millot insiste sur la part moins connue que prend ici le massif du Manongarivo. Dans cette région du Sambirano la pluviosité est la plus forte en janvier et février avec plus de 550 millimètres mensuels à Nosy-Bé et près de 500 aux autres stations; le minimum s'observe en juin-juillet à Nosy-Bé (54) et Ambalavelo (20); en juillet et août à Mailaka (21). Il y aurait du fait des mêmes montagnes, des particularités à relever sur les autres versants et jusqu'à Maromandia : y insister plus longuement paraît superflu.

§ 5. LES CLIMATS DU SUD

Il faut aborder enfin ces régions du Sud et de l'extrême Sud, encore si mal connues; sous une sécheresse qui dépasse celle de toutes les autres provinces malgaches semblent se dissimuler des variantes importantes.

L'insuffisance de nos statistiques ne permet pas à l'heure actuelle une classification convenable. Si l'on peut dire, d'une façon générale, que la sécheresse augmente lorsqu'on traverse de l'Est à l'Ouest le Sud de Madagascar, de Fort-Dauphin à Tulear, on peut s'attendre à

rencontrer des degrés intermédiaires et des particularités locales. Notre impression personnelle est qu'il n'existe pas à proprement parler un climat du Sud, mais que la forme du pluriel serait mieux adaptée. C'est pourquoi on a écrit en tête de ce dernier paragraphe météorologique « les climats du Sud ».

Sans prétendre à une synthèse certainement prématurée à l'heure présente, on groupera tout simplement les données fragmentaires qui nous sont parvenues.

Une seule station offre des observations de longue durée, c'est Tulear, latitude 23°22 Sud, altitude 3 à 4 mètres. Un îlot perdu au large de Tulear, Nosy-Vé, à 2 milles environ de la côte, a possédé un poste météorologique de 1890 à 1894. La création de Tulear par Gallieni fit déserter Nosy-Vé.

A l'extrême Sud M. le lieutenant Decary recueillit des observations à Beloha en 1917 et 1918.

Entre Fort-Dauphin et le faux cap de Sainte-Marie, Ambovombé (latitude 25°2, altitude 30 mètres) fournit cinq années de statistique.

Enfin à l'intérieur des terres, sur le méridien de Betroka et Ambovombé, le poste de Tsivory (latitude 24°4, altitude 399 mètres) a conservé un observateur pendant deux ans.

De ces maigres renseignements, essayons de tirer parti.

Tulear. — Le P. Colin y relève : pression moyenne annuelle 764.9, maximum 768.1 en juillet, minimum 761.3 en février, oscillation 6.8, saison fraîche 766.7, chaude 763.1. Pour les températures, année 24°.1 (Fort-Dauphin avait 22°.8), saisons 26°.3 et 21°.9, maximum 27°.7 en janvier, minimum 20°.5 en août.

L'oscillation est forte, les maxima de 36 à 38° ne sont pas rares, le maximum absolu 42° en 1912, le minimum 6° en 1908, amplitude moyenne 11 à 13°.

On remarque aussitôt les écarts avec les valeurs signalées soit sur la côte orientale, soit sur l'occidentale : maxima élevés, minima plus sensibles.

Nous n'osons conserver les valeurs indiquées par le P. Colin pour

l'humidité relative : les variations d'une année à l'autre nous semblent trop fortes pour inspirer confiance. Le P. Colin remarque d'ailleurs qu'à Tulear l'humidité serait sujette à de brusques dénivellations d'un mois au suivant. Dans les limites où l'on peut utiliser les résultats de Nosy-Vé, les températures y seraient plus élevées de 2° que celles de Tulear avec 29°.4 en février, 23°.8 en juillet et août. Nous ne connaissons pas assez la situation particulière de l'îlot (la nature du sol y est décrite comme un sable blanc où l'absorption et la réverbération seraient intenses) pour apprécier jusqu'à quel point ces divergences sont justifiables. L'humidité relative y aurait une valeur moyenne de 73 p. 100 avec peu de variation d'une saison à l'autre.

Le régime des pluies de Tulear est assez particulier. Son total annuel de 493 millimètres en ferait le lieu plus aride de Madagascar. Mais sur ce total la saison sèche figurerait pour 144 millimètres soit un quart, proportion que nous n'avions pas encore notée ailleurs, et seul le mois d'août 5 millimètres serait vraiment sec. Le maximum annuel en janvier 131 millimètres est faible. Là encore le passage très atténué de cyclones sur leur branche de retour peut apporter des changements que l'on devine. Il n'y a que 28 jours pluvieux à Tulear, dont 7 seulement en saison fraîche. Ceci suppose de fortes rosées et des brouillards d'hiver.

Le vent se montre régulier, faible brise de terre le matin; vers midi la brise de mer souffle, du Sud ou du Sud-Ouest, et prend de la force en fin d'après-midi; puis c'est le calme de la nuit. Parfois le vent du Nord fait son apparition, apportant la chaleur et un peu d'humidité.

A Nosy-Vé on avait observé pendant la saison chaude une brise de terre Nord-Est le matin, brise de mer Sud-Ouest l'après-midi. La mousson apportait parfois des vents d'Ouest. Les brises de terre et de mer seraient plus régulières aux mois d'avril, juin, août. En mai et septembre le vent de terre plutôt Est-Nord-Est et en juillet Sud (?).

Ambovombé. — La faible distance (90 km.) qui sépare Ambovombé de Fort-Dauphin enlève tout intérêt aux comparaisons de moyennes barométriques. Seules les variations dynamiques y pourraient donner des renseignements pour quelques cyclones.

Au point de vue température le P. Colin cite 22°.4 pour l'année 24°.8 et 20°.1 pour les saisons. C'est à peine moins que Fort-Dauphin, mais l'exposition des deux localités est assez différente. Fort-Dauphin s'abrite derrière une série de hauteurs qui le couvrent du Nord-Est à l'Ouest.

Ambovombé s'ouvre face au Sud aux brises de l'Océan.

La chaleur de l'été culmine en janvier 26°.1 (Fort-Dauphin 25°.9); en juillet on a 18°.6 (Fort-Dauphin 19°.5).

Pour l'humidité relative 75 p. 100 avec 76 en saison fraîche et 74 en été; il y aurait ici anomalie, car partout ailleurs le maximum s'observe en été. On trouve bien 82 p. 100 en janvier, 68 p. 100 en octobre, et le P. Colin admet que l'influence de l'air anticyclonique explique un pourcentage plus fort pendant le semestre frais.

C'est encore sur le chapitre des pluies que les divergences vont s'accuser. Le total annuel est 532 millimètres, à peine supérieur à celui de Tulear, et un tiers seulement de celui de Fort-Dauphin.

En y regardant de plus près on remarquera que la saison chaude figure pour 401 millimètres, et l'autre pour 131. On ne peut parler ici de saison sèche, et le voisinage de la côte Est, de l'alizé, explique pourquoi l'hiver ne se passe pas sans pluies. Mais il faut recourir à la direction bien connue des brises Nord-Est de Fort-Dauphin, et au massif qui s'étend à l'Ouest de cette ville pour tenter de comprendre que 90 kilomètres suffisent à réduire le total des précipitations des quatre cinquièmes en cette saison, de plus de moitié en été.

Aucun mois n'apporte de fortes pluies à Ambovombé : décembre et janvier ont 99 et 91 millimètres; mais aucun n'est absolument privé d'eau; 53 jours par an reçoivent au moins un millimètre et sur ce nombre la majeure partie, 33 se trouvent en saison fraîche.

Nous avons bien ici les indices d'un régime spécial, qui n'est ni celui des autres côtes, ni celui du plateau, ni même celui de Tulear.

De nouvelles recherches sont nécessaires.

Les vents à Ambovombé sont presque exclusivement du Sud-Est.

Tsivory. — Laissons de côté deux années d'observations du baromètre,

qui seraient sans portée. Pour la climatologie les relevés comprennent trois années, après lesquelles le poste militaire fut supprimé. La station météorologique n'a malheureusement pas été rouverte depuis [1]. Une première remarque devrait s'appliquer aux températures : Tsivory est chaud malgré ses 400 mètres d'altitude. La moyenne annuelle fut 24°.7, celle des saisons 26°.7 et 22°.3 le mois le plus chaud, novembre avec 28° le plus frais juillet et avec 18°.7. Ceci constituerait une anomalie, car si l'on réduit ces températures au niveau de la mer pour pouvoir les comparer avec celles des autres stations, nous trouvons sur un même méridien Betroka 25°.9, Tsivory 26°.5, Ambovombé 22°.3. Sur la côte les stations de latitude peu différente donnent : Farafangana 23°.9, Tulear 24°.1, Fort-Dauphin 22°.8.

Faut-il soupçonner sur ces maigres indices, l'existence d'un foyer thermique à l'intérieur des terres? Il n'y a du moins aucun danger d'erreur à affirmer que la température paraît se relever fortement quand on s'éloigne de l'une ou de l'autre côte.

Une seconde particularité résiderait dans la très grande amplitude des changements d'humidité relative. Pendant presque tous les mois de l'année le psychromètre indiquerait durant plusieurs matinées le degré de saturation complète; par contre, en août, septembre et octobre on lit des valeurs aussi basses que 15 à 23 p. 100. L'action de la forêt proche (subsiste-t-elle encore aujourd'hui?) se ferait parfois sentir, et tantôt la sécheresse du Sud-Ouest. La moyenne annuelle qui nous a été conservée ne dépasse pas 59 p. 100 avec 71 p. 100 en février, 43 en août, 65 en saison chaude, 53 en saison fraîche. Ici encore il serait intéressant que les observations pussent reprendre.

Pour les pluies on trouverait 1,070 millimètres annuels se répartissant en 884 d'été et 186 de saison fraîche. Mai et juin seraient absolument dépourvus de précipitations; on compterait 79 jours pluvieux par an dont 15 en saison fraîche. Janvier donnerait à lui seul 331 millimètres en 17 jours, suivi de loin par décembre.

Ce n'est certainement plus le régime de Betroka, où les 748 milli-

[1] Elle a été rétablie en 1928.

mètres se diviseraient en 676 et 72 avec seulement 48 jours de pluie dont 40 en saison chaude.

Ce n'est pas non plus la sécheresse de Tulear et d'Ambovombé, et cela ne ressemble qu'assez peu à la côte Sud orientale.

Le Sud de Madagascar réserve ainsi au météorologiste bien des points d'interrogation.

Beloha. — Ici nous disposons de onze mois seulement d'observations des températures (à 8, 12 et 20 h.), du vent et du nombre de jours pluvieux (pas de pluviomètre pour doser les quantités).

Latitude 25° 12, altitude 30 mètres. Cette station est à 110 kilomètres à l'Ouest d'Ambovombé. Le sol est composé de sable qui s'échauffe très vite; il est remarquable de voir que les moyennes de températures à 8 heures (22°.2) et à 20 heures (22°.6) diffèrent seulement de 0°.4.

La chaleur est vraiment forte en été. Avec une moyenne annuelle de 24°.1 (octobre manque), M. le lieutenant Decary trouve 30°.3 en janvier et 29° en février, 17°.9 en juin et juillet; d'un mois au suivant les variations ont une amplitude inaccoutumée 21° en mai, 17°.9 en juin, 18°.4 en août, 22°.9 en septembre.

On ne connaît pas les températures extrêmes, car la lecture de midi ne correspond très probablement pas à l'instant du plus fort échauffement. Cependant la moyenne de ces lectures en janvier est 32°.7, en février 32°.1 et le 6 janvier on lisait 38°.5; à 8 heures le mois le plus froid donne 15°.2 et la lecture la plus faible fut 12° le 13 juin 1918.

La moyenne de la saison fraîche concorde avec celle d'Ambovombé, mais pour la saison chaude on trouve 27°.9, c'est-à-dire 3° de plus.

En somme le thermomètre ressent à Beloha des oscillations plus notables qu'Ambovombé, plus bas en juin, juillet et août, franchement plus haut le reste de l'année.

Pendant la période considérée l'observateur compta 47 jours de pluie, dont 10 en décembre, 10 en janvier, 31 de novembre à avril, 1 seulement en septembre et novembre; c'est moins qu'à Ambovombé, mais pendant le même temps Tulear n'en nota que 23, c'est-à-dire exactement la moitié.

M. Decary évalue à 70 heures la durée totale de la pluie; il note 6 orages seulement, soit 2 en novembre, 1 en décembre, 1 en juillet, 2 en septembre.

Le brouillard du matin fut observé 21 fois en saison fraîche, 8 fois en juin, 4 en mai et juillet, 2 en août, 3 en septembre.

Les vents furent Sud-Ouest faible en janvier, Nord-Ouest et Ouest modéré en février, Nord-Ouest modéré en mars, trois mois de la saison chaude. Sud-Est modéré en avril, Nord-Est faible en mai, plus une vague d'Ouest, anormale en ce mois, mais qui fut également perçue à Tananarive.

En dépendance de l'alizé se trouve le vent des mois frais, Sud-Est en juin et juillet, avec tendance à fraîchir, tournant à l'Est modéré en août et faible en septembre.

Beloha apporte donc plutôt une confirmation du fait que les pluies se font plus rares à mesure qu'on avance de Fort-Dauphin vers Tulear, de l'Est à l'Ouest.

Il donne aussi cette constatation qu'en ce point les oscillations de la température atteignent des valeurs plus élevées, et que les chaleurs de l'été y sont vraiment plus grandes.

On sait que tous les explorateurs ou chargés de mission qui ont écrit des récits de tournées et séjours dans le Sud s'accordent à parler de la sécheresse du climat. Certains d'entre eux remarquent cependant que l'abondance extrême des rosées viendrait atténuer le déficit des pluies.

Le champ reste largement ouvert à des recherches nouvelles.

Le présent essai de classification sommaire des régions climatériques de Madagascar ne peut avoir qu'un caractère provisoire. Les grandes lignes des climats, les profondes différences entre les régimes des pluies notamment entre l'Est, le Centre et l'Ouest de l'île, sont assez connues; les divisions secondaires que nous avons tentées soit entre trois zones orientales, soit entre le Nord-Ouest et l'Ouest, sans être aussi nettes, donnent, nous semble-t-il, une plus grande satisfaction d'esprit. On a laissé voir franchement combien nos connaissances du Sud de l'île

sont encore fragmentaires, et tout l'hinterland compris entre la côte occidentale et les falaises du Plateau central est resté dans l'ombre. Sur une carte météorologique on y pourrait comme faisaient nos aïeux inscrire « Terra incognita ».

Il reste donc au climatologiste une tâche peut-être féconde, ingrate à coup sûr à poursuivre.

APPENDICE I

INFLUENCE DE LA LUNE SUR LES ÉLÉMENTS MÉTÉOROLOGIQUES A MADAGASCAR

On sait combien vivace est l'opinion populaire attribuant à la lune une influence sur le temps; de Virgile au Maréchal Bugeaud, des paysans d'Europe aux créoles des Mascareignes il existe une sorte de croyance commune, à travers les temps et l'espace. Des recherches statistiques ont été entreprises plus d'une fois : grouper les variations suivant les phases ou les déplacements de la lune dans le ciel n'exige qu'une longue patience. Devant la stérilité des résultats le météorologiste contemporain ne voit dans ces efforts qu'une perte de temps. Car, s'il est évident que notre atmosphère est soumise, comme la mer et l'écorce terrestre, à l'attraction du soleil et de la lune, un calcul fort simple suffit à montrer combien la marée atmosphérique doit être faible. Deux corps s'attirent entre eux en raison directe de leur masse; or la masse spécifique d'un mètre cube d'air au niveau de la mer, c'est-à-dire dans sa couche la plus dense, est à peine un huit centième de celle de l'eau; plus on s'élève dans l'atmosphère et plus la densité diminue.

L'amplitude de la marée diurne atmosphérique est de l'ordre de grandeur de 1 à 2 dixièmes de millimètre de mercure. (Voir sur ces points : Rouch, *L'atmosphère et la prévision du temps*, Paris, Colin, p. 174, et *Humphreys Physics of the air*, *Philadelphia*, p. 239.)

Le P. Colin se plaint à ce sujet du manque de sensibilité du baromètre à mercure, la densité du liquide employé rendant ces variations peu visibles. Mais autre chose est la mesure absolue de l'amplitude de ces attractions, autre chose leur répercussion sur les éléments météorologiques, et ce dernier problème nous intéresse seul ici.

Ce n'est pas à la marée atmosphérique diurne que s'attachent les défenseurs de l'influence de la lune sur le temps : ils envisagent surtout le mouvement de la lune en déclinaison, sa rotation autour de la terre, ses phases. Rouch fait remarquer à ce propos que les phases de la lune ont lieu à un instant précis, le même pour toute la terre, et que si ces phases ou quartiers ont une action sur le temps, cette influence doit s'exercer à la fois sur le globe entier. Ceci n'empêcherait pas, semble-t-il, les manifestations d'une telle influence d'être fort différentes d'un endroit à l'autre. La superposition de cette action à celle qui règne dans un champ fortement perturbé ne sera pas perceptible, alors qu'elle pourrait l'être en d'autres circonstances.

Antoine Poincaré, Garrigou-Lagrange, Hauguergues, Rodriguez, n'ont pas estimé vaine l'étude de cette action problématique des variations en déclinaison de la lune sur les déplacements des centres d'action de l'atmosphère. *Adhuc sub judice lis est.* Nous croyons que si le P. Colin n'a pas craint d'aborder après eux ces fastidieuses discussions, c'est qu'il y fut en quelque sorte contraint par l'attitude très affirmative des marins créoles de l'Océan Indien. Bertho, qui, capitaine de port à la Réunion, avait dans ses attributions la prévision des cyclones, s'est fait l'apôtre inlassable d'un système où certaines dates critiques, celles notamment de la codéclinaison de la lune et du soleil, sont considérées comme productrices de cyclones, enregistrées encore dans les almanachs de nos côtes, révérées avec tremblement par une foule d'adeptes dans nos pays.

Nous n'avons pas jugé nécessaire de donner une édition critique de l'étude du P. Colin. Certains passages demanderaient peut-être des éclaircissements, et quelques autres ne prendraient leur valeur significative qu'à la lumière du calcul de probabilités. Nous la livrons telle quelle au lecteur qui ne manquera pas d'y remarquer des faits curieux, et des influences plus fortes qu'on n'aurait attendu. On nous permettra seulement de dire que notre opinion n'est pas faite sur ce sujet controversé. Nous laissons ici la parole au P. Colin.

En attendant la découverte d'appareils mieux appropriés à ces études, nous allons essayer de relever sur les instruments actuels de la pression les déformations aériennes causées par la masse du soleil et la proximité de la lune, dans des circonstances spéciales, par exemple lorsque ces deux astres se trouvent à la distance la plus voisine et la plus éloignée de la terre, au périhélie et à l'aphélie s'il s'agit du soleil, au périgée et à l'apogée s'il s'agit de la lune; ensuite, lorsqu'ils passent au méridien supérieur et inférieur du lieu, avec des déclinaisons différentes ou égales, lorsqu'ils culminent à notre zénith ou séparément ou simultanément, enfin à l'époque de la nouvelle et pleine lune et de ses deux quartiers.

Influence solaire. — Durant la période du périhélie qui a lieu le 2 janvier, nous remarquons dans la figure 14, extraite du tableau de la pression diurne à Tananarive et réduite en graphique, une hausse barométrique qui

commence à partir du solstice et atteint son maximum le 22 décembre. Elle est causée très probablement par l'attraction du soleil avoisinant la terre vers cette époque. Le phénomène se produit au milieu d'une dépression principale, ce qui fait ressortir encore davantage sa situation exceptionnelle.

Un des maximum les plus considérables de l'année survient le jour même de l'aphélie, 3 juillet. Il est d'abord

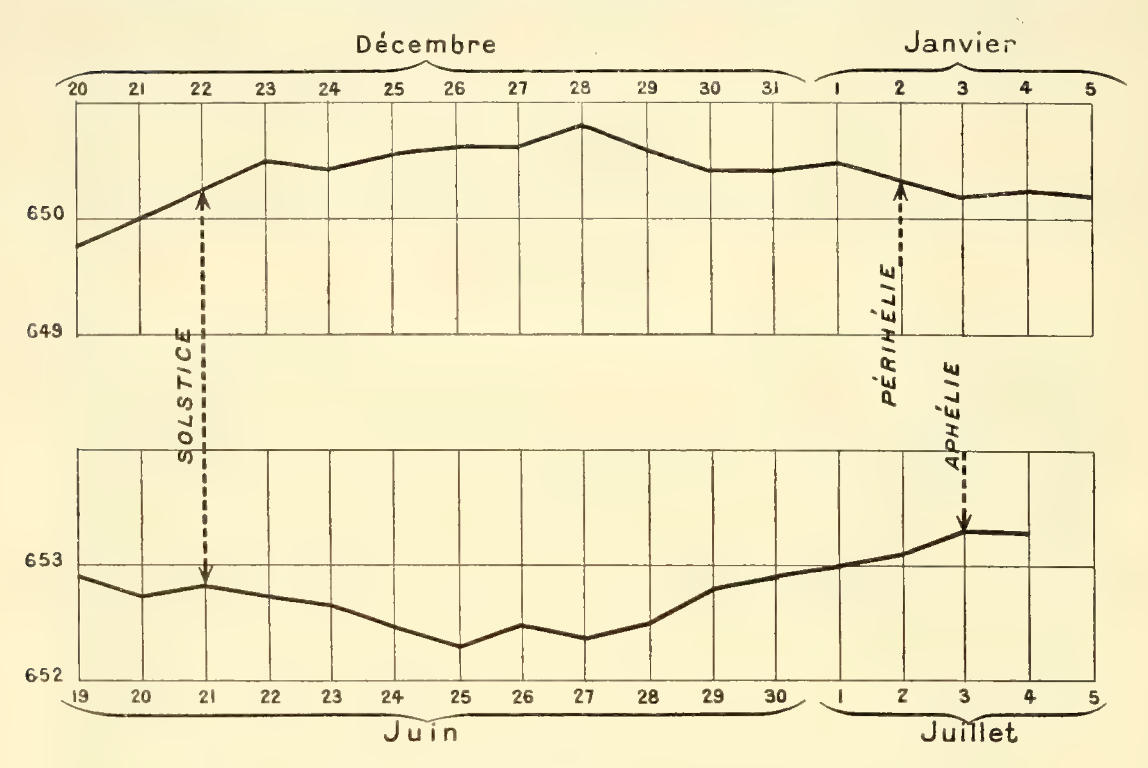


Fig. 51. — Influence du soleil sur le baromètre aux solstices, périhélie et aphélie.

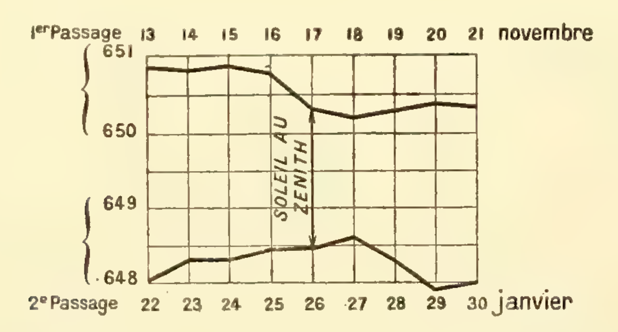


Fig. 52. — Effet du soleil sur le baromètre à ses deux passages au zénith de Tananarive.

précédé par une hausse au solstice, puis est suivi d'une baisse le 27 juin. Nous essayerons plus loin de donner une explication de cette hauteur anormale que causent le soleil aussi bien que la lune.

Examinons les phénomènes qui se manifestent aux deux époques pendant lesquelles le Soleil traverse notre zénith, les 17 novembre et 26 janvier. La figure 15 indique une baisse du baromètre au lendemain du premier passage, et une hausse le lendemain du deuxième passage. Le premier cas assez normal pourrait s'expliquer par l'effet de la température qui atteint le maximum mensuel 19°9 le 18, et occasionne ainsi une raréfaction de l'air. Le deuxième cas démontre clairement l'influence solaire.

Influence lunaire. — A cause de son mouvement rapide en déclinaison, le long d'une zone qui varie de 28° à 38° sur la sphère céleste, la lune occupe le périgée et l'apogée au moins une fois par mois, tandis que le soleil se rapproche ou s'éloigne de la terre une fois par an.

Dans le tableau suivant se trouvent résumées les valeurs barométriques obtenues à l'apogée et au périgée pendant vingt-cinq ans; nous y avons ajouté comme terme de comparaison la pression normale observée à Tananarive depuis trente-deux ans.

Tableau 41. — **Pression moyenne à l'apogée et au périgée.**

	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Apogée	648.3	648.6	648.9	650.4	651.5	652.7	653.7	653.0	652.2	651.2	650.5	649.9
Périgée	48.2	48.2	48.6	50.2	51.4	52.5	53.1	52.9	52.1	51.0	50.4	49.2
Pression normale .	48.2	48.1	48.7	50.2	51.1	52.2	52.7	52.5	52.0	50.8	49.9	49.0

D'une manière générale, le baromètre s'élève au-dessus de la normale, lorsque la lune s'éloigne et se rapproche de la terre. Cependant aux périgées de mars, janvier et avril, la pression est très légèrement inférieure ou égale à la normale; ces derniers résultats se ressentent probablement des perturbations atmosphériques causées par les orages, grains ou cyclones. Les valeurs du périgée pendant les autres mois suivent de près la moyenne générale, tandis que celles de l'apogée lui sont supérieures de quelques dixièmes de millimètre.

A quelle cause faut-il attribuer cette hausse de la pression dans les deux circonstances, d'autant plus que nous l'avons déjà signalée pour le soleil et que nous la retrouverons encore en comparant ces deux distances de la lune à la terre avec les mêmes positions de notre satellite et du soleil?

Voici comment on pourrait expliquer ce fait. A l'apogée et à l'aphélie, l'action attractive diminue, puisque le soleil ou la lune s'éloignent de la terre; nous avons mentionné dans le paragraphe des variations barométriques diurnes, à propos de l'amplitude diurne, que d'autres causes physiques locales, par exemple, la température, la tension de la vapeur d'eau, l'évaporation entrent en jeu dans le phénomène de la pression atmosphérique; ces forces moins équilibrées par l'attraction subissent un changement, augmentent en intensité et produisent sur la colonne mercurielle une hausse plus accentuée que la normale. Au périgée et au périhélie, la force attractive agit avec toute sa puissance, elle influe à son tour sur les causes locales qui reprennent leurs propriétés primitives.

Quelle que soit l'hypothèse émise sur ce sujet, le fait suivant reste certain : la pression atmosphérique subit une variation aux époques de ces phénomènes.

Les résultats obtenus en Europe par Hauguergues et le P. Rodriguez (Observatoire du Vatican) sont absolument contradictoires. Notre étude confirmerait les travaux de ce dernier observateur.

Deux fois par mois et à des dates diverses, la lune culmine à notre zénith. Examinons la marche du baromètre ces jours-là. Sur 663 observations faites en ces circonstances, la pression s'est élevée 351 fois ce qui donne une proportion de 52 p. 100; elle s'est abaissée 195 fois, soit 29 p. 100; enfin elle a suivi un cours régulier (temps cycloniques) 117 fois, soit 17 p. 100. Fréquemment on remarque au premier passage un minimum suivi d'un maximum au deuxième, ainsi que nous l'avons déjà constaté pour le soleil.

Influence luni-solaire. — Les recherches préliminaires auxquelles nous nous sommes livrés jusqu'ici, établissent que le soleil et la lune envisagés séparément exercent une influence réelle sur notre atmosphère; il reste maintenant à étudier leur action simultanée sur l'enveloppe aérienne de notre globe.

a) *Équinoxes.* — Aux équinoxes du 23 septembre et du 21 mars, la marée océanique atteint son maximum d'intensité, à cause des positions qu'occupent ces deux astres, dont l'un avoisine l'équateur. La figure 16 montre l'onde barométrique de Tananarive; elle débute le 22 septembre 652.34 millimètres, parvient à son maximum de hauteur le 23, 652.36 millimètres et le 25, 652.34 millimètres, puis redescend graduellement.

Dans la même figure on constate deux légères hausses, les 20 et 25 mars. De si faibles résultats à cette époque dernière ne doivent pas nous surprendre. Les cyclones durant la deuxième période de ce mois modifient trop profondément la situation atmosphérique pour pouvoir tirer parti de pareilles données.

b) *Codéclinaison.* — Lorsque la déclinaison de la lune concorde avec celle du soleil, ce qu'en langage astronomique on appelle codéclinaison, leur action combinée s'exerce sur la pression, tantôt par une hausse, 51 fois p. 100, tantôt par une baisse 40 fois p. 100, tantôt par aucune irrégularité 9 fois p. 100, le nombre des observations égale 182.

Même remarque à l'époque de la codéclinaison et du périgée, la proportion est plus faible, 43 p. 100 si la colonne mercurielle s'élève, et 40 p. 100 si elle baisse, 17 p. 100 de résultats nuls, sur 211 données.

Avec la codéclinaison et l'apogée, le maximum atteint 44 p. 100, valeur sensiblement égale à la précédente; le minimum descend à 34 p. 100; 22 p. 100 de résultats sans valeur, le nombre des constatations s'élevant à 181.

En ces trois cas, le total de la hausse est assurément supérieur à celui de la baisse, ce qui prouverait d'abord que le baromètre a une tendance à s'élever, ensuite que la pression ne subit pas un cours régulier. Quelques météorologistes appellent cette époque critique, parce qu'elle coïncide parfois avec des cyclones ou de violents tremblements de terre.

Le 4 janvier 1908, eut lieu un phénomène isolé et rare en même temps, la concordance de la codéclinaison, du périgée, du périhélie et de la nouvelle lune. Un minimum barométrique fut enregistré.

c) *Nouvelle Lune.* — Notre satellite et le soleil passent au méridien presque en même temps; le plus souvent, l'un et l'autre occupent sur la sphère céleste des déclinaisons différentes. Nous avons relevé à Tananarive 302 résultats barométriques obtenus pendant cette période; leur classement d'après une situation atmosphérique calme (depuis avril jusqu'à octobre), ou bien troublée (depuis novembre jusqu'à mars) s'opère de lui-même, sur 177 observations en période calme, nous constatons à la nouvelle lune une baisse barométrique

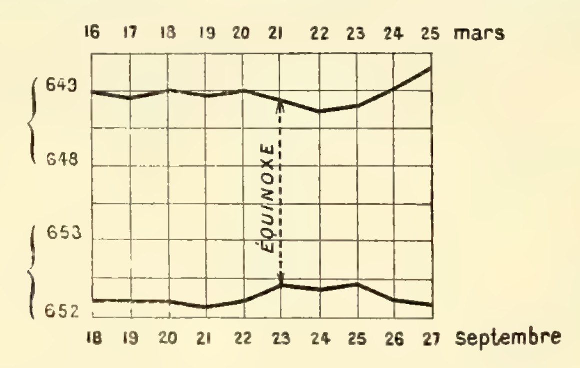


Fig. 53. — Effet luni-solaire sur le baromètre, aux équinoxes.

générale ou secondaire dans la proportion de 33 p. 100; elle a lieu la veille 20 fois p. 100; l'avant-veille 11 fois p. 100; trois jours avant 9 fois p. 100; quatre jours avant 8 fois p. 100; le lendemain de la néoménie 12 fois p. 100; le surlendemain 2 fois p. 100. Nous avons groupé dans le tableau 42 les seules journées dont les résultats offrent une certaine importance.

Tableau 42. — **Nombre de fois que la pression minimum a eu lieu pendant la période de la nouvelle lune.**

	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE
La veille	3	5	6	5	3	7	7
Nouvelle lune	9	11	10	9	10	4	6
Le lendemain	5	3	2	2	5	3	2

D'après ces données la pression minimum se produit de préférence le jour même où la lune est nouvelle en avril, mai, juin juillet et août, tandis qu'en septembre et octobre, elle aurait lieu la veille.

Non seulement le minimum barométrique qui caractérise la néoménie se fait sentir pendant la saison calme, mais il persiste en pleine saison pluvieuse troublée par des dépressions générales ou secondaires.

De novembre à avril, sur 125 observations, la baisse a lieu à la nouvelle lune 33 fois p. 100; la veille 17 fois p. 100; l'avant-veille 14 p. 100; trois jours avant 6 fois p. 100; quatre jours 1 fois p. 100; le lendemain de la néoménie 29 fois p. 100; le surlendemain 4 fois p. 100.

Le tableau suivant 43 qui complète le précédent contient les principaux résultats relevés la veille, le jour même de la nouvelle lune et le lendemain.

Tableau 43. — **Nombre de fois que la pression minimum a eu lieu pendant la période de la nouvelle lune.**

	NOVEMBRE	DÉCEMBRE	JANVIER	FÉVRIER	MARS
La veille	5	6	5	3	3
Nouvelle lune	7	9	9	5	7
Le lendemain	4	6	8	6	9

Ce dernier tableau semblerait indiquer que le minimum de pression se déclare le jour de la Nouvelle Lune en novembre, décembre, janvier et lendemain en février et mars.

Les statistiques que nous venons d'établir, basées sur un simple témoignage, seraient considérées avec raison comme insuffisantes, si elles n'étaient corroborées par des valeurs numériques. En conséquence, l'on a noté mois par mois, dans nos vingt-cinq bulletins annuels, les minima obtenus à la néoménie ou à la période avoisinant de très près cette phase ; puis l'on a calculé la moyenne des 25 données contenues dans les 12 colonnes constituant l'année ; enfin ces résultats ont été confrontés avec la normale. Pour ne point surcharger ces pages de chiffres, les tableaux suivants ne contiennent que les moyennes mensuelles et celles de la normale comparées entre elles.

TABLEAU 44. — Pression atmosphérique observée à Tananarive, pendant la période de la nouvelle lune.

	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.
Pression nouvelle lune.	647.4	646.3	647.2	648.6	649.9	650.8	651 8	651.2	650.7	649.3	648.9	648.4
Pression normale .	48.2	48.1	48.7	520.	51.1	52.2	52.7	52.5	52.0	50.8	49.9	49.0
Différence	— 0.8	— 1.8	—1.5	— 1.6	— 1.2	— 1.4	— 0.9	— 1.3	— 1.3	— 1.5	— 1.0	— 0.6

La dépression atmosphérique qui survient à cette période a sa répercussion immédiate sur les autres éléments, à cause de l'unité d'action des phénomènes météorologiques. Dès que le baromètre baisse, aussitôt la température, l'humidité de l'air, la pluie, les orages, la direction et la force du vent, la nébulosité seront plus ou moins affectés. Établissons la preuve de ces modifications qu'amène à l'époque de la néoménie l'attraction luni-solaire agissant sur la situation atmosphérique à Madagascar.

1° EFFET SUR LA TEMPÉRATURE. — Nous avons groupé dans un même tableau les températures observées à la nouvelle lune, au moyen de deux instruments distincts, d'abord avec le thermomètre placé à l'ombre sous l'abri météorologique, ensuite avec le thermomètre boule blanche de l'actinomètre exposé à l'air libre. Les résultats ont été comparés avec la normale spéciale à chacun d'eux. Dans l'un et l'autre cas, la température s'élève.

TABLEAU 45. — Température à la période de la nouvelle lune.

	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.
Thermomètre ombre N. L.	22°.4	22°.2	21°.7	20°.8	18°.8	16°.1	15°.3	16°.1	19°.1	21°.4	22°.2	22°.5
Température normale. . .	20°.9	20°.8	20°.6	19°.4	17°.2	14°.9	14°.2	15°.1	17°.1	19°.5	20°.7	20°.8
DIFFÉRENCE. .	+ 1°.5	+ 1°.4	+ 1°.1	+ 1°.4	+ 1°.6	+ 1°.2	+ 1°.1	+ 1°.0	+ 2°.0	+ 1°.9	+ 1°.5	+ 1°.7
Thermomètre air libre N. L.	29°.3	29°.5	28°.3	27°.1	25°.2	21°.9	20°.7	22°.5	25°.2	28°.2	28°.9	29°.3
Température normale. . .	26°.9	26°.4	26°.5	25°.1	23°.0	20°.4	19°.5	20°.8	23°.7	26°.2	27°.2	26°.8
DIFFÉRENCE. .	+ 2°.4	+ 3°.1	+ 1°.8	+ 2°.0	+ 2°.2	+ 1°.5	+ 1°.2	+ 1°.7	+ 1°.5	+ 2°.0	+ 1°.7	+ 2°.5

2° EFFET SUR L'HUMIDITÉ. — A part la seule exception de février, mois le plus chargé d'humidité, la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère à la néoménie augmente légèrement. Il en sera donné plus loin la raison à propos des vents.

TABLEAU 46. — **Humidité relative à la période de la nouvelle lune.**

	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.
Humidité N. L.	79.1	79.3	78.5	78.0	76.6	77.2	76.8	74.6	70.9	65.8	67.6	76.0
Humidité normale. . . .	78.3	80.6	78.5	76.8	75.3	75.8	75.3	72.1	68.5	68.8	67.5	74.9
DIFFÉRENCE. .	+ 0.8	— 1.3	0.0	+ 1.2	+ 1.3	+ 1.4	+ 1.5	+ 2.5	+ 2.4	0.0	+ 0.1	+ 1.1

3° EFFET SUR LA PLUIE ET LES ORAGES. — Tout d'abord, remarquons qu'il n'est nullement question de l'intensité des pluies qui peut se manifester en un jour quelconque sous l'effet d'un violent orage ou d'un grain; il s'agit de déterminer leur fréquence à la néoménie.

Sur un total de 122 observations faites pendant la saison pluvieuse, l'on trouve 108 jours accompagnés de pluie et d'orages ayant éclaté le jour même où la lune est nouvelle, ce qui donne une proportion de 80 p. 100; il est essentiel d'ajouter que 16 fois aucune condensation des nuages n'a eu lieu; mais sur ces seize jours, la pluie est tombée la veille ou le lendemain 10 fois, soit 8 p. 100. Il semble donc établi que dans nos régions et pendant la saison chaude, la vapeur d'eau se condense, tantôt la veille, tantôt le jour même de la néoménie, rarement le lendemain.

4° EFFET SUR LES VENTS. — De plus, l'on constate un changement complet de l'alizé. Au lieu des vents d'Est qui soufflent régulièrement ici, nous ressentons le contre-alizé Ouest et Nord-Ouest, souvent aussi le calme; 124 lunaisons ont été examinées à la saison des pluies; on a relevé à la néoménie des vents d'Ouest ou le calme 79 fois, c'est-à-dire 63 p. 100; la veille ou le lendemain 14 fois, 11 p. 100; la marche de cet élément n'a subi aucune perturbation 31 fois, 25 p. 100.

Il est probable que ces vents d'Ouest, traversant les rizières de la grande plaine inondée de Betsimitatatra, se chargent d'une certaine quantité de vapeur, ce qui explique la valeur légèrement accentuée de l'humidité relative à la nouvelle lune.

5° EFFET SUR LA NÉBULOSITÉ. — a) *Forme des nuages.* — L'apparition des cirrus cirro-cumulus, cirro-stratus dans la haute atmosphère présage généralement un changement de temps; 302 résultats ont été choisis dans nos bulletins météorologiques, pendant l'époque des pluies; on a noté des cirrus 101 fois, 82 p. 100 le jour même de la néoménie; la veille 102 fois, 82 p. 100; le lendemain 99 fois, 81 p. 100.

b) *Quantité de nuages.* — Dans les observations météorologiques, on évalue d'ordinaire la quantité de nuages qui couvrent le ciel d'après une échelle conventionnelle, de 0 à 10; 0 indiquant le ciel pur, 10 ciel entièrement couvert. A cet effet, deux méthodes peuvent être employées couramment, ou bien on note à l'estime, procédé dans lequel l'erreur personnelle d'appréciation influe pour une large part, ou mieux, au moyen de l'héliographe, qui enregistre automatiquement le nombre d'heures et de minutes de clarté solaire ou de présence de nuages. Le total de l'insolation effective divisé par celui de l'insolation théorique, fournie par les calculs astronomiques, donne la fraction de la clarté solaire, valeur que l'on réduit ensuite à l'échelle commune de 0 à 10.

Telle est la méthode adoptée dans l'indication suivante de la nébulosité à la nouvelle lune pendant chaque mois de l'année.

TABLEAU 47. — **Nébulosité à la nouvelle lune.**

Janv.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juill.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
4.7	5.0	3.7	3.3	3.2	3.1	3.7	3.7	3.5	3.4	4.1	4.6

Suivant ces résultats le ciel ne reste très ensoleillé qu'à la nouvelle lune de mai. A celle de mars, avril, juin, juillet, août, septembre, octobre, on remarque une recrudescence de nuages. Enfin le temps est à moitié couvert, lors de la néoménie de novembre, décembre, janvier et février, époque de la saison pluvieuse.

En résumé à la période de la nouvelle lune, et surtout à la saison pluvieuse, le baromètre baisse; un changement de temps notable s'opère dans nos régions.

c) *Pleine Lune.* — Lors de la pleine lune, le soleil et notre satellite passent au méridien à douze heures d'intervalle, ou ce qui revient au même, tandis que l'un d'eux se trouve au passage supérieur, l'autre occupe l'inférieur.

Sur 177 observations barométriques relevées en période calme (d'avril à octobre), nous avons compté 124 maxima, ce qui donne 70 p. 100, et 53 minima, soit 29 p. 100. Les maxima sont surtout fréquents pendant les mois de juillet et d'octobre, ainsi que le démontre le tableau suivant.

TABLEAU 48. — **Nombre de fois que la pression a été maximum et minimum pendant la période de la pleine lune.**

	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	JANV.	FÉV.	MARS
Maximum. . .	13	16	16	21	18	18	22	25	22	24	18	25
Minimum . . .	12	8	9	5	8	7	4	1	3	3	7	2

En période troublée (de novembre à mars), pendant 130 lunaisons nous avons relevé 114 fois une hausse barométrique, soit 87 p. 100, et 16 baisses, soit 12 p. 100. D'après la comparaison des résultats contenus dans le tableau précédent, les maxima de pression à la pleine lune, sont encore mieux caractérisés à la saison pluvieuse qu'à la saison sèche.

Afin que le lecteur embrasse d'un coup d'œil la marche générale des éléments météorologiques à cette phase de notre satellite, nous analyserons pour tous les mois de l'année, comme plus haut, la valeur moyenne mensuelle de la pression, de la température, de l'humidité, la pluie et les orages, la direction du vent et la nébulosité.

TABLEAU 49. — **Influence de la pleine lune.**

	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.
Pression atmosphérique observée à Tananarive pendant la période de la pleine lune.												
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Pression P. L. .	649.2	648.6	648.2	650.2	652.1	652.6	653.5	653.2	652.7	651.6	651.0	649.5
Pression normale	48.2	48.1	48.7	50.2	51.1	52.2	52.7	52.5	52.0	50.8	49.9	49.0
DIFFÉRENCE. .	+ 1.0	+ 0.5	+ 0.5	0.0	+ 1.0	+ 0.4	+ 0.8	+ 0.7	+ 0.6	+ 0.8	+ 1.1	+ 0.5
Température à la période de la pleine lune.												
Température P. L. . . .	20°.5	20°.4	20°.4	19°.4	17°.1	14°.7	13°.7	13°.9	16°.9	19°.2	20°.3	20.5
Température normale. . .	20°.9	20°.8	20°.6	19°.4	17°.2	14°.9	14°.2	15°.1	17°.1	19°.5	20°.7	20°.8
DIFFÉRENCE. .	— 0°.4	— 0°.4	— 0°.2	0°.0	— 0°.1	— 0°.2	— 0°.5	— 1°.2	— 0°.2	— 0°.3	— 0°.4	— 0°.3

1° EFFET SUR LA PRESSION ET LA TEMPÉRATURE. — D'après ces données, la pression et la température à la pleine lune d'avril, coïncident avec leur normale, ce qui constitue un fait exceptionnel. Durant les autres, mois le baromètre est plus haut que d'ordinaire; le thermomètre légèrement plus bas.

2° EFFET SUR L'HUMIDITÉ. — Le tableau qui suit indique une valeur de l'humidité supérieure à la normale, pendant la pleine lune de mars, mai, août, octobre, novembre et décembre. L'atmosphère est plus sèche durant les six autres mois de janvier, février, avril, juin, juillet et septembre; cette particularité la différencie des résultats obtenus à la nouvelle lune.

TABLEAU 50. — **Humidité relative à la période de la pleine lune.**

	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.
Humidité P. L.	76.1	79.9	78.9	75.0	75.5	75.4	74.6	72.5	67.6	67.5	68.0	78.2
Humidité normale	78.3	80.6	78.5	76.8	75.3	75.8	75.3	72.1	68.5	68.8	67.5	74.9
DIFFÉRENCE. .	— 2.2	— 0.7	+ 0.3	— 1.8	+ 0.2	— 0.1	— 0.7	+ 0.4	— 0.9	+ 1.7	+ 0.5	+ 3.4

3° Effet sur la pluie et les orages. — Sur 303 journées examinées, la pluie est tombée pendant la pleine lune 73 fois, soit 24 p. 100; elle a été accompagnée d'orages 17 fois seulement, soit 5 p. 100. En conséquence, il pleut beaucoup moins à la pleine lune qu'à la nouvelle; les manifestations électriques deviennent aussi plus rares.

4° Effet sur les vents. — Nous avons relevé dans nos bulletins météorologiques 303 observations relatives à la direction du vent, à l'époque de la pleine lune. La mousson d'Est a prédominé 49 fois p. 100, les vents ont tourné à l'Est 18 fois à l'Est-Nord-Est 13 fois p. 100; à l'Ouest 9 fois p. 100; au Nord-Ouest 4 fois p. 100. La force du vent estimée de 0 calme 6 tempête, varie entre 1 et 2.

5° Effet sur la nébulosité. — a) *Forme des nuages.* — Sur 302 constatations, on a noté des cirrus à la pleine lune, pendant la saison pluvieuse 32 fois p. 100 seulement, tandis que la proportion à la nouvelle lune est 3 fois plus considérable. Les nuages type nimbus et stratus occupent la partie inférieure de l'atmosphère.

b) *Quantité des nuages.* — La nébulosité déterminée à cette phase, d'après l'héliographe photographique, donne les résultats ci-après.

Tableau 51. — **Nébulosité à la pleine lune.**

Janv.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juill.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
4.7	5.2	4.2	2.8	4.0	4.4	4.0	4.2	3.3	3.7	3.3	5.5

Analysons et interprétons ces valeurs numériques. Le temps est beau à la pleine lune d'avril, septembre et novembre, par conséquent 3 fois; or nous n'avons relevé précédemment qu'une seule fois une belle journée à la nouvelle lune de mai.

Les nuages apparaissent en mars, mai, juin, juillet, août et octobre, circonstances qui s'expliquent facilement. Les couches d'air chaudes, chargées de vapeurs, traversant l'Océan Indien sous l'action des vents d'Est, rencontrent sur la côte orientale une température plus basse, particularité propre à la pleine lune; leur condensation se produit alors sous forme de pluie ou de bruine intermittente dans ces contrées.

Tableau 52. — **Quartiers de la lune.**

	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.
Pression au premier et au dernier quartier.												
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Pression P. Q.	648.9	648.3	648.5	619.9	651.7	652.2	652.6	652.7	652.3	651.1	649.9	649.3
Pression normale	48.2	48.1	48.7	50.2	51.1	52.2	52.7	52.5	52.0	50.8	49.9	49.0
Différence	+ 0.7	+ 0.2	— 0.2	— 0.3	+ 0.6	0.0	— 0.1	+ 0.2	+ 0.3	+ 0.6	0.0	+ 0.3
Pression D. Q.	648.3	648.5	648.8	650.4	650.9	652.9	652.2	652.8	652.8	650.9	650.1	649.4
Pression normale	48.2	48.1	48.7	50.2	51.1	52.2	52.7	52.5	52.0	50.8	49.9	49.0
Différence	+ 0.1	+ 0.4	+ 0.1	+ 0.2	— 0.2	+ 0.7	— 0.5	+ 0.3	+ 0.8	+ 0.1	+ 0.6	+ 0.4
Température au premier et au dernier quartier.												
Température P. Q.	20°.7	20°.7	21°.0	19°.6	16°.8	15°.1	14°.5	15°.1	17°.7	19°.7	21°.3	21°.2
Température normale	20°.9	20°.8	20°.6	19°.4	17°.2	14°.9	14°.2	15°.1	17°.1	19°.5	20°.7	20°.8
Différence	— 0°.2	— 0°.1	+ 0°.4	— 0°.2	+ 0°.4	+ 0°.2	0°.3	+ 0°.0	+ 0°.6	+ 0°.2	+ 0°.6	+ 0°.4
Température D. Q.	21°.3	21°.3	20°.9	19°.3	17°.5	14°.8	14°.4	15°.2	17°.0	20°.3	21°.5	21°.4
Température normale	20°.9	20°.8	20°.6	19°.4	17°.2	14°.9	14°.2	15°.1	17°.1	19°.5	20°.7	20°.8
Différence	+ 0.4	+ 0°.5	+ 0°.3	— 0°.1	+ 0°.3	— 0°.1	+ 0°.2	+ 0°.1	— 0°.1	+ 0°.8	+ 0°.8	+ 0°.6

TABLEAU 53.

	JANV.	FÉV.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.
Diégo-Suarez.												
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Pression N. L.	753.2	753.0	753.3	754.1	755.3	756.7	757.1	757.3	756.5	756.4	755.6	754.0
Pression normale	53.5	53.4	54.1	55.0	56.0	57.2	57.9	57.9	57.5	57.1	55.8	54.8
DIFFÉRENCE. .	— 0.3	— 0.4	— 0.8	— 0.9	— 0.7	— 0.5	— 0.8	— 0.6	— 1.0	— 0.7	— 0.2	— 0.8
Température N. L. . . .	27°.9	27°.7	28°.0	27°.7	27°.3	26°.0	25°.1	25°.5	25°.6	26°.7	27°.4	27°.8
Température normale . .	26°.9	27°.1	27°.1	27°.1	26°.7	25°.6	25°.1	24°.8	25°.1	26°.1	26°.9	27°.1
DIFFÉRENCE. .	+ 1°.0	+ 0°.6	+ 0°.6	+ 0°.6	+ 0°.6	+ 0°.4	0°.0	+ 0°.7	+ 0°.5	+ 0°.6	+ 0°.5	+ 0°.7
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Pression P. L. .	754.8	754.3	755.1	755.9	757.1	758.0	758.4	758.7	758.1	757.7	757.0	755.1
Pression normale	53.5	53.4	54.1	55.0	56.0	57.2	57.9	57.9	57.5	57.1	55.8	54.8
DIFFÉRENCE. .	+ 1.3	+ 0.9	+ 1.0	+ 0.9	+ 1.1	+ 0.8	+ 0.5	+ 0.8	+ 0.6	+ 0.6	+ 1.2	+ 0.3
Température P. L	26°.5	26°.8	26°.6	26°.9	26°.4	24°.9	24°.3	24°.5	24°.9	25°.3	26°.7	26°.7
Température normale. . .	26°.9	27°.1	27°.1	27°.1	26°.7	25°.6	25°.1	24°.8	25°.1	26°.1	26°.9	27°.1
DIFFÉRENCE. .	— 0°.4	— 0°.3	— 0°.5	— 0°.2	— 0°.3	— 0°.7	— 0°.8	— 0°.3	— 0°.2	— 0°.8	— 0°.2	— 0°.4
Fort-Dauphin.												
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Pression N. L.	758.1	758.6	758.6	760.2	761.5	764.1	767.6	764.9	762.9	761.2	759.5	759.0
Pression normale	59.9	59.1	60.3	62.7	64.6	66.3	67.7	66.5	65.0	63.5	61.9	60.8
DIFFÉRENCE. .	— 1.8	— 0.5	— 1.7	— 2.5	— 3.1	— 2.2	— 0.1	— 1.6	— 2.1	— 2.3	— 2.4	— 1.8
Température N. L. . . .	27°.4	26°.9	26°.3	24°.9	22°.9	21°.8	20°.5	21°.1	22°,1	23°.9	26°.0	26°.4
Température normale. . .	26°.0	26°.1	25°.5	24°.6	23°.0	21°.2	20°.4	21°.0	21°.6	22°.8	23°.7	24°.5
DIFFÉRENCE. .	+ 1°.4	+ 0°.8	+ 0°.8	+ 0°.3	— 0°.1	+ 0°.6	+ 0°.1	+ 0°.1	+ 0°.5	+ 1°.1	+ 2°.3	+ 1°.9
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Pression P. L. .	760.6	760.8	763.2	763.9	766.6	768.0	770.1	768.2	766.3	765.6	764.3	762.3
Pression normale.	59.9	59.1	60.3	62.7	64.6	66.3	67.7	66.5	65.0	63.5	61.9	60.8
DIFFÉRENCE. .	+ 0.7	+ 1.7	+ 2.9	+ 1.2	+ 2.0	+ 1.7	+ 2.4	+ 1.7	+ 1.3	+ 2.1	+ 2.4	+ 1.5
Température P. L. . . .	25°.2	25°.3	24°.7	24°.2	21°.7	20°.3	20°.1	19°.8	21°.4	22°.2	23°.7	24°.0
Température normale. . .	26°.0	26°.1	25°.5	24.°6	23°.0	21°.2	20°.4	21°.0	21°.6	22°.8	23°.7	24°.5
DIFFÉRENCE. .	— 0°.8	0°.8	— 0°.8	— 0°.4	— 1°.3	— 0°.9	— 0°.3	— 1°.2	— 0°.2	— 0°.6	0°.0	— 0°.5

Sur le plateau central, ces stratus et nimbus dont la précipitation s'est effectuée en majeure partie au bord de la mer, ou au contact des hautes montagnes de la forêt, nous parviennent peu denses, entrecoupés par des éclaircies qui donnent libre champ aux rayons du Soleil.

Ces restes de nuages après avoir traversé le plateau central se vaporisent au contact de l'air sec et chaud de la côte occidentale.

La pleine Lune de décembre, janvier et février amène un ciel à moitié couvert comme à la néoménie.

En résumé à l'époque de la pleine Lune, malgré la présence de nuages inférieurs, plus nombreux qu'à la néoménie, le temps reste beau.

Nous venons de développer assez longuement les modifications qu'impriment aux éléments météorologiques la nouvelle et la pleine Lune; pour être complet il resterait à déterminer leur marche au premier et au dernier quartier de notre satellite. Nous n'avons pas jugé utile d'entreprendre ce travail en entier; il suffit, croyons-nous, de le limiter à l'étude des deux principales données atmosphériques la pression et la température moyennes calculées à ces deux phases. Le lecteur aura ainsi une idée générale de l'onde barométrique et thermométrique formée dans l'enveloppe aérienne sous l'influence luni-solaire.

Au premier quartier, la pression moyenne coïncide avec la normale deux fois seulement, en juin et novembre; en mars, avril et juillet, elle lui est très légèrement inférieure. Pendant les sept autres mois, c'est-à-dire la majeure partie du temps, elle la surpasse. Même remarque au dernier quartier, le baromètre est plus haut que la normale, sauf en mai et juillet.

La température égale la moyenne générale au premier quartier d'août. Elle lui est inférieure en janvier, février, mai et supérieure pendant les autres mois.

Le champ des perturbations atmosphériques causées par le Soleil et la Lune ne se restreint pas seulement sur Tananarive, il s'étend sur l'île tout entière. Dans l'impossibilité de reprendre en détail chacun des éléments météorologiques ci-dessus analysés et d'en faire l'application aux 21 stations de Madagascar, à cause du nombre restreint d'instruments qu'elles possèdent, à cause de leurs observations souvent interrompues, nous nous contenterons de choisir deux stations extrêmes, Diégo et Fort-Dauphin, puis de prouver dans le tableau 17 la similitude des phénomènes les plus importants avec ceux déjà signalés, par exemple, la baisse de la pression et la hausse de la température à la nouvelle Lune, le fait inverse se produit à la pleine Lune.

Une légère discordance de la température apparaît dans les valeurs de Fort-Dauphin à la nouvelle Lune de mai. On doit l'attribuer aux lacunes que contiennent les observations de cette station. A part cette exception, on est en droit d'affirmer que les principaux phénomènes météorologiques se reproduisent d'une manière plus ou moins intense dans toute l'île.

Les tableaux précédents nous ont fait connaître les moyennes mensuelles de la pression et de la température affectées de l'influence luni-solaire; nous pouvons avec ces données établir leur moyenne annuelle et déterminer ainsi la distribution géographique de ces deux éléments aux diverses phases de notre satellite dans le Nord, le Centre et le Sud de Madagascar.

Diégo-Suarez. — Nous relevons à la nouvelle Lune la pression moyenne annuelle de 755 mm. 2 et à la pleine Lune 756 mm. 7; différence 1 mm. 5. Ce résultat concorde avec les faits observés; à mesure qu'on se rapproche de l'Équateur, la variation du baromètre diminue. La température moyenne à la nouvelle Lune indique 26°.9 et 25°.8 à la pleine Lune; 1°.1 de différence.

Tananarive. — La hauteur moyenne annuelle du baromètre est de 649 mm.1 à la nouvelle Lune, et de 651 mm. 1 à la pleine Lune; exactement 2 millimètres de différence, valeur plus prononcée qu'à Diégo-Suarez. Le premier et le dernier quartier fournissent identiquement le même résultat : 650 mm. 6. La moyenne annuelle du thermomètre à la nouvelle Lune serait de 19°.8, celle de la pleine Lune 18°.1, différence 1°.7. Au premier et au dernier quartier, elle coïncide aussi à 0°.1 près, 18°.6. La pression barométrique moyenne aux deux syzygies égalerait donc 650 mm. 11, aux deux quadratures 650 mm. 65; par conséquent, cette dernière valeur surpasserait la première de + 0 mm. 54. En Europe le météorologiste Toaldo avait obtenu au XVIIIe siècle + 0 mm. 46; au XIXe siècle, Hauguergues indiquait + 0 mm. 42; Arago + 0 mm. 60; le Père Rodriguez + 0 mm. 16.

Fort-Dauphin. — La nouvelle Lune donne la pression moyenne de 760 mm. 5, la pleine Lune 764 mm. 9. L'oscillation considérable de 4 mm. 4 est conforme à la règle ordinaire : plus on s'éloigne de l'Équateur et plus les variations barométriques augmentent. On constate à la nouvelle lune la température moyenne annuelle de 24°.1 et 22°.7 à la pleine Lune, soit 1°.4 de différence, sensiblement comme dans le Nord et le centre de l'île.

Quelques conclusions se dégagent des principales remarques exposées au cours de ce paragraphe:

1° Dans les régions intertropicales et au voisinage de l'Équateur, les effets de l'attraction luni-solaire s'ajoutent à la nouvelle Lune, la couche d'air s'élève et produit une raréfaction indiquée sur le baromètre. De plus, la circulation des courants atmosphériques est modifiée; le courant équatorial chaud du Nord-Ouest qui se dirige vers le pôle Sud descend jusqu'au niveau du sol d'où le vent Nord-Ouest ou le calme que nous ressentons à cette période; ce qui explique la hausse thermométrique coïncidant avec la baisse barométrique.

Un effet inverse a lieu à la pleine Lune; l'attraction sur la couche d'air diminue; elle s'abaisse et comprime la colonne mercurielle, d'où haute pression. La circulation des courants aériens est normale; la mousson inférieure polaire de Sud-Est souffle à terre; la température fraîchit;

2° Dès qu'un ou plusieurs éléments météorologiques sont modifiés par une cause quelconque, cette action se traduit sur les autres éléments, ce qui explique les variations de l'humidité et de la nébulosité à la nouvelle et pleine Lune.

3° Le mouvement oscillatoire causé dans l'atmosphère par l'attraction luni-solaire ne s'effectue pas toujours sous toutes les latitudes du globe terrestre d'une manière simultanée, mais se propage le plus souvent de l'Équateur vers les pôles avec une vitesse qui varie de un à trois jours pour une distance de 20° en latitude, c'est-

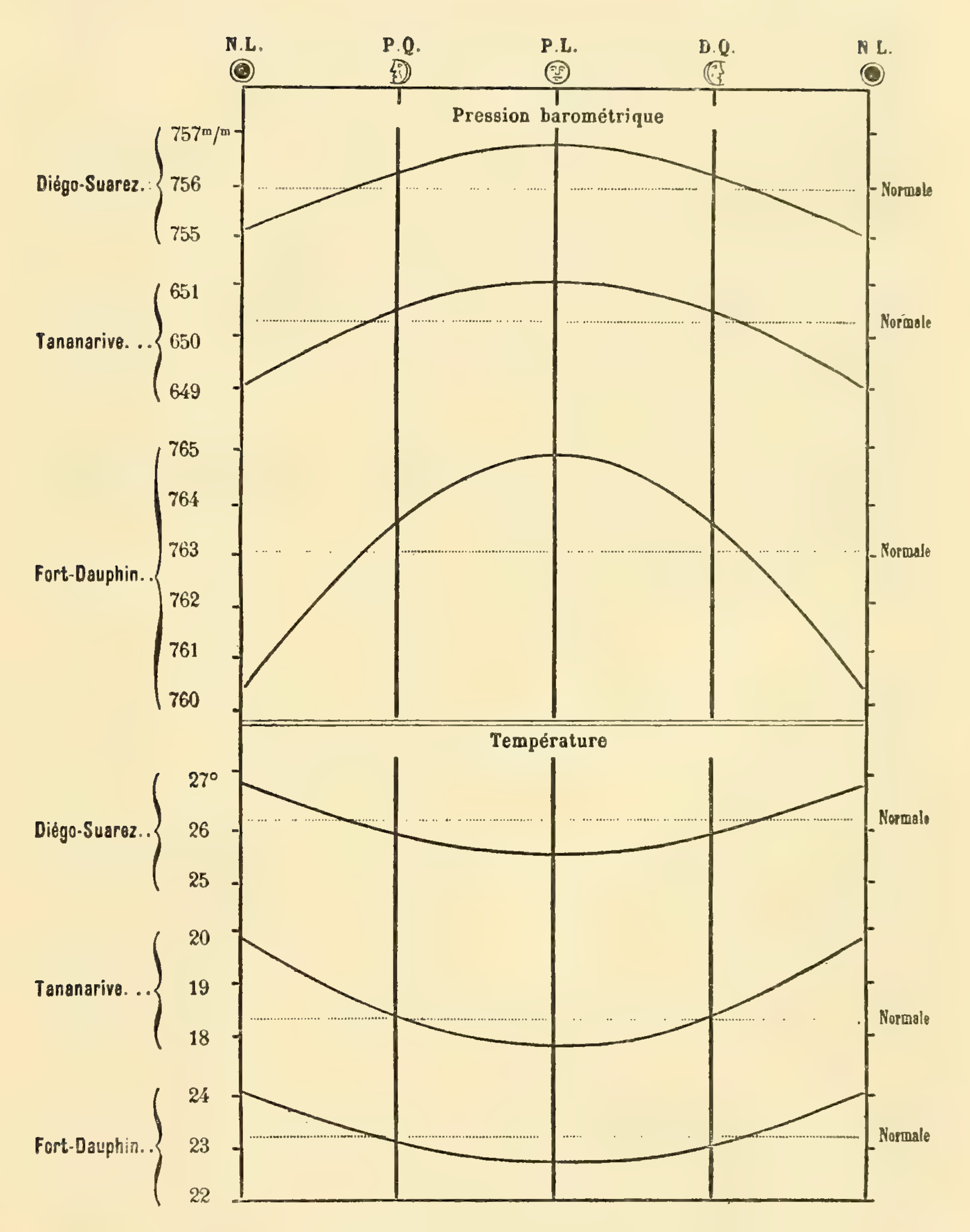


Fig. 54. — Phases de la lune.

à-dire 2,214 kilomètres. Tels sont les résultats auxquels nous sommes arrivés en comparant les variations barométriques à l'époque de la nouvelle Lune et pleine, des stations suivantes de l'hémisphère Sud : Dar-es-Salam, Madagascar, Maurice et Lourenço-Marquès, situés le long de la côte orientale d'Afrique et son voisinage.

Les tableaux 48 et 49 avaient déjà fait entrevoir la probabilité de cette onde aérienne (1).

4° L'influence attractive se manifeste dans nos régions avec une évidence remarquable pour plusieurs raisons. En temps ordinaire, la hauteur de l'atmosphère plus considérable sous nos latitudes qu'en Europe, s'accroît encore avec la force de la gravitation luni-solaire.

La forme oblongue de notre île avoisinant l'équateur vers le Nord, se terminant vers le Sud un peu après le tropique du Capricorne, dès lors avantageusement située pour recevoir l'action du Soleil et de la Lune qui passent à notre zénith ou son voisinage et qui s'abaissent d'une quarantaine de degrés vers l'horizon Nord sa situation atmosphérique calme, stable durant la majeure partie de l'année, le privilège du climat continental de la capitale malgache, toutes ces circonstances géographiques, climatériques et météorologiques sont essentiellement favorables à l'étude du problème tant controversé : l'influence de la Lune sur le temps.

En Europe où la couche atmosphérique a une épaisseur moindre qu'ici, où la distance à l'équateur, centre des ondes condensées et dilatées, est considérable, où le Soleil et la Lune s'élèvent relativement peu en déclinaison au-dessus de l'horizon Sud, où les éléments météorologiques subissent le contre-coup de nombreuses variations telles que les dépressions de l'Atlantique, des golfes de Gênes et de Gascogne, aires anticycloniques de la Sibérie, centres thermiques de l'Espagne, ces réactions fréquentes et d'ordre supérieur jettent la confusion plutôt que la clarté dans les données du problème, ce qui explique les divergences en cette matière obtenues jusqu'à ce jour. Or, comme l'a remarqué le lecteur au cours de ce travail, pareille étude exige rigoureusement des résultats exempts de toutes perturbations, que seuls peuvent fournir avec certitude nos tranquilles climats tropicaux.

(1) Nous aurions voulu étendre ces recherches jusqu'au Cap de Bonne-Espérance; malheureusement, les bulletins météorologiques de cet observatoire nous font défaut. En Europe, Hauguergues, Schübler et le Père Rodriguez avaient trouvé que le maximum barométrique correspondait au dernier quartier, et le minimum au premier quartier. Cette différence avec nos résultats à Madagascar s'expliquerait peut-être par la propagation graduelle de l'onde aérienne. Étant situés plus près du centre d'action, nous en ressentons les effets six ou sept jours avant l'Europe.

APPENDICE II

LES PHÉNOMÈNES MÉTÉOROLOGIQUES D'APRÈS LES PROVERBES ET EXPRESSIONS HOVA

A titre de documents relatifs à la météorologie malgache et aussi afin de les confirmer par des preuves pour des érudits collectionneurs de folklore, nous extrayons d'un ouvrage qui sera publié par le Père de Veyrières, ancien missionnaire de Madagascar, quelques proverbes hova ayant rapport aux temps et aux saisons. De notre côté nous en avons ajouté plusieurs autres qui nous ont été obligeamment signalés; on y trouvera enfin les locutions malgaches simples ou composées exprimant les phénomènes météorologiques. On ne doit pas s'attendre à rencontrer dans ce recueil des données scientifiques toujours exactes; les peuples primitifs qui ont composé ces proverbes ignoraient entièrement toutes nos lois géophysiques modernes. Malgré quelques erreurs concernant l'évaporation, le temps, les séismes, etc., le lecteur se convaincra, après avoir pris connaissance de ces textes, de leur commentaire détaillé, que les phénomènes atmosphériques, en particulier la température et la pluie, ont attiré l'attention des indigènes depuis un temps immémorial, qu'ils en ont établi parfois d'heureux rapprochements avec d'autres phénomènes calorifiques, optiques, pluviométriques, orageux, physiologiques, ornithologiques, phénologiques, etc., enfin qu'ils ont traduit l'expérience des générations sous la forme imagée de proverbes populaires, considérés comme des vérités primordiales.

Autant que possible, nous grouperons autour de chaque énoncé de phénomènes météorologiques les proverbes ou expressions qui s'y rapportent.

Température. — *Androm-balála.* — *Jour à sauterelles.* — Temps lourd avec brise accablante est un jour à sauterelles. Ces acridiens font leur irruption en masses serrées, profondes et élevées, surtout pendant les journées chaudes de fin d'octobre à avril, rarement en saison froide. Les femelles pondent dans les terrains déserts en novembre et mars; elles ne se préoccupent guère de leur progéniture et laissent au soleil et à la chaleur du sol, le soin de faire éclore leurs œufs. Le passage des sauterelles sur les rizières est désastreux; en particulier au coucher du soleil où elles atterrissent, elles ne manquent pas de dévaster impitoyablement les champs de riz, si l'on ne prend aucune précaution.

Manao tanin-korana ny andro (ou : *mitanika orana ny andro*). — *Il fait une chaleur de pluie*; en d'autres termes les pluies accompagnent généralement les journées de chaleurs accablantes. Sous nos climats les pluies convectionnelles sont formées par des courants d'air chaud qui s'élèvent dans les régions supérieures de l'atmosphère. Ces courants contiennent dans leur masse une forte quantité de vapeur d'eau provenant de l'évaporation et se condensent sous forme de pluie, à la suite d'un refroidissement accidentel. Nous ressentons des températures élevées aux deux époques pendant lesquelles le soleil passe au zénith du lieu ensuite lorsque le ciel se couvre de voiles diffus et uniformes de cirro-stratus; l'on serait porté à croire que ce type de nuage possède un pouvoir diathermane spécial, laissant passer surtout la chaleur lumineuse des rayons solaires.

Météores aqueux. — *a*) Pluie. — *Miala fo aman-kavana, fa ny monina irery zavatsarotra; mialà fo amantaona, fa ny oran-ko ritra.* — *Soyez bien ouvert avec vos parents, car il est dur d'habiter seul; travailler de tout cœur à la saison propice, car la pluie cessera et la terre deviendra dure.*

Allusions aux travaux agricoles opérés par les membres de la famille qui s'entr'aident à cette occasion; la pluie ramollit le sol et facilite le défrichement des rizières.

Voahangy raraka; manasoa ny eo am-potony. — *Les premières pluies sont comme des perles éparpillées; elles font du bien à ce qui est au-dessous.*

Lorsqu'en saison sèche, l'agriculteur malgache a empilé avec sa bêche sous formes de petites colonnes, les mottes de terre cubiques de sa rizière *tombo-toetra* pour qu'elles absorbent l'azote de l'air pendant deux ou trois mois, les premières pluies qui tombent rendent le sol moins dur; les mottes humides se désagrègent facilement et sont mélangées au terrain superficiel. Au point de vue littéraire, la comparaison entre les gouttes de pluie et les perles (jadis très appréciées) ne manque pas d'élégance.

Mahory vavy antitra toy ny oran-dohataona. — *Rendre une vieille femme malheureuse, comme la pluie d'automne.* Les dernières pluies de la saison chaude ont lieu en avril, époque de l'automne. Le riz non décortiqué renfermé dans des silos creusés en un coin de la maison, absorbe à la longue l'humidité ambiante, il faut avoir soin d'exposer au soleil le grain étendu sur des nattes pour qu'il se dessèche et ne moisisse pas.

A la moindre menace de pluie, on rentre aussitôt l'approvisionnement; cette appréhension possible fait maugréer les bonnes vieilles.

Tahaka ny orana mivatravatra mandalo vetively. — (La colère) *est comme la pluie qui tombe à verse, elle passe vite.* Les pluies de grains très abondantes durent tout au plus de dix à quinze minutes.

Manahy ny oran-ko avy, ka ny maso ambony ihany. — *On redoute la pluie qui menace, aussi a-t-on constamment les yeux levés sur les hauteurs.* Les pluies nous viennent généralement ou du Sud-Ouest, c'est-à-dire du massif élevé de l'Ankaratra[1] ou des hautes montagnes du Nord-Ouest, centre thermique connu du lecteur; sur ces divers sommets éclatent d'abord les orages pluvieux avant d'aborder Tananarive. Un simple coup d'œil sur l'horizon occidental et le grondement du tonnerre qui approche, préviennent le voyageur ou le passant de rentrer au logis et de se mettre à l'abri.

Tandrifin-drahona. — *Légère pluie qui tombe au passage d'un nuage.* Au figuré, paroles en l'air. Précipitation aqueuse de faible durée et sans bénéfice pour le sol; l'eau s'évapore immédiatement dans l'atmosphère.

Ranonorana mampisara-taona. — *Pluie qui divise l'année.* On appelle ainsi les premières pluies du printemps, fin d'octobre. Ce proverbe a une application exacte dans les régions du plateau central où règnent les deux saisons sèche et pluvieuse. Sur la côte orientale où il pleut en toute saison, cette division de l'année ne serait vraie qu'à condition de désigner les pluies estivales.

D'après vingt-huit années d'observations météorologiques à Tananarive, ces premières pluies ont lieu 25 fois en octobre, trois fois seulement en novembre. Les dates extrêmes de leur chute sont : 1er octobre, saison pluvieuse en avance, 25 novembre, saison pluvieuse en retard.

Nahoana no manao rano manindao namana? — *Pourquoi faites-vous comme la pluie qui emporte ses compagnes?*

Par suite des hautes températures du mois d'octobre, le sol argileux du plateau central devient excessivement sec, crevassé même en certains endroits; dès que tombent les premières pluies pendant ce mois elles sont aussitôt absorbées par la terre et s'évaporent rapidement dans l'espace sous l'effet de la chaleur. Le vulgaire, peu au courant des lois de l'évaporation, attribuait à ces premières ondées le pouvoir de faire disparaître, de supprimer l'élément liquide répandu sur le sol. Ainsi croyait-il se produisait le desséchement des lacs et rivières, le tarissement des sources. Procédés en vérité peu délicats entre nymphes pluvieuses et leurs compagnes aquatiques.

Lanonam-pahavaratra : ny maraina ihany no izy. — *Réjouissances publiques en été; plus elles sont matinales, mieux cela vaut à cause de la pluie.* En d'autres termes elles doivent avoir lieu le matin et non le soir. Dans le chapitre qui traite des orages, nous avons fait remarquer que ces phénomènes ont lieu depuis le milieu du jour jusque vers vingt-deux ou vingt-trois heures; il est donc prudent de ne pas renvoyer au soir les affaires, travaux et réjouissances durant l'époque estivale. Les pluies qui tombent pendant huit jours consécutifs, matin, soir et nuit, prennent le nom de *oran-kerinandro* ou *oran-kafitoana.* En outre au témoignage des indigènes, vers les derniers jours de cette période, éclatent des orages, indice de la fin de cette perturbation atmosphérique.

Ces circonstances concordent parfaitement avec les caractères des pluies cycloniques, persistantes jour et nuit, pendant cinq, six, sept ou huit journées selon la longueur et la vitesse de la trajectoire décrite à travers Madagascar. Comme nous l'avons déjà signalé dans le paragraphe sur les cyclones, les pluies accompagnés d'orages affectent surtout les stations qui se trouvent à l'arrière de la zone centrale; elles présagent la fin du météore.

b) Tonnerre, orage. — *Ora-midona, Ankaratra ihany; andro manelatra, Ankaratra ihany.* — Les premiers coups de tonnerre, les premiers éclairs commencent toujours sur l'Ankaratra.

Ny hanina anao kotro-korana : raha don-davitra mahamanina; fa raha dona ankaiky dia mahatahotra. — *Le regret de votre absence* (*désir de vous voir*) *est comme un coup de tonnerre. De loin, cela inspire du regret; de près cela fait peur.* Se dit d'un absent qu'on croit bon et qu'on regrette, mais quand il arrive et qu'on le voit à l'œuvre, on est déçu.

Les premiers orages accompagnés de pluies ont lieu d'ordinaire vers la fin d'octobre, durant la soirée. Ces manifestations électriques et aqueuses embrassent ou bien une période de trois jours appelée : *oran-kateloana,* ou bien une période de sept jours : *ilay fito.* Leur arrivée annonce l'approche de la saison chaude et pluvieuse.

Izaho tsy avo feo noho ny varatra, any tsy be feo nono ny rohona. — *Je n'ai pas la voix plus puissante que la foudre, ni plus grosse que le grondement lointain de l'orage.* Formule oratoire. Les coups de tonnerre sur les hauts plateaux du centre répercutés par les échos des vallées, des montagnes et des nuages acquièrent une extraordinaire puissance, parfois le sol lui-même tremble légèrement. Le sismographe, les barreaux suspendus du magnétographe, le barographe à poids enregistrent à ces moments de faibles trépidations.

Varatra tsy in-droa miriatra (ou *manelatra*). — *Il n'y a pas deux éclairs* (*simultanément*). La *foudre n'éclate pas deux fois.* Au figuré, admonestation, avis qu'on ne renouvelle pas. L'éclair se compose d'une unique étincelle verticale, longue de plusieurs kilomètres; elle éclate ou entre les nuages et la terre avec des ramifications secondaires entre les nuages; ou bien l'étincelle horizontale jaillit entre les nuages eux-mêmes, principalement à la fin de la saison pluvieuse.

Ranon'orana mikotroka tsy an-tononton'taona, manimba ny tsaramason-kavana. — *Pluie qui s'annonce par des coups de tonnerre à contre-saison, elle porte préjudice aux haricots des gens.* Ce proverbe indiquant l'époque défavorable à certaines cultures s'interprète de deux manières différentes; ou bien, on appelle orages à contre-saison ceux qui se produisent en saison froide au mois de juin-juillet et août; ou bien l'on désigne les premiers

(1) Cf. Proverbe (*b*) sur le tonnerre et les orages.

orages d'octobre généralement suivis d'une période de beau temps et de sécheresse pendant un mois. Examinons ces deux cas.

Les orages se manifestent rarement pendant la saison froide.

Quiconque sèmerait après une telle ondée isolée en saison sèche, risquerait de ne rien récolter; car, à cette époque, les plantations, les haricots pourtant peu exigeants souffriraient certainement du manque d'eau.

Un tel semis, dès les premières pluies d'octobre, aurait le même sort qu'à l'époque fraîche, à cause de la période de sécheresse qui suit généralement ces averses.

Dans les deux cas d'orages à contre-saison, vouloir semer ce légume, c'est s'exposer à perdre son temps, sa peine, les haricots et provisions de la famille. D'ordinaire on procède à cette opération en novembre et décembre, lorsque la saison pluvieuse se trouve nettement établie.

c) Nuages. *Mifanoto rahona;* — Les *affaires nombreuses sont comme des nuages qui s'entre-choquent.* Pendant la saison chaude l'on aperçoit dans le ciel deux couches de nuages à directions opposées, les cirrus supérieurs venant du Nord-Ouest, les stratus et nimbus, courants inférieurs venant d'Est-Sud-Est? Cette circulation contraire présentant des températures très différentes, a sa répercussion sur la courbe du barographe composée d'une série de petites ondulations, dues sans doute aux inégalités de températures dans les couches aériennes. *Ny ranomaso toy ny rahona; raha mavesatra dia mirotsaka. — Les larmes sont comme les nuages qui une fois chargés tombent.* La charge en question ou condition météorologique requise consiste en un simple refroidissement dans les couches inférieures ou supérieures de l'atmosphère qui cause par là même une précipitation aqueuse.

Manao torin-boanjo ny lanitra (ou : *mamboly voanjo ny lanitra*). *Ciel fait comme un champ d'arachides.* Cette comparaison demande quelques mots d'explication. Lorsque les arachides fleurissent, l'agriculteur malgache procède au buttage; avec sa bêche, il entoure soigneusement de terre les tiges; dans cette butte mûriront les gousses de la plante. Vu d'une hauteur voisine, un champ d'arachides disposé en files régulières et avec ses petits amas circulaires à une certaine analogie avec le ciel pommelé. Or, les cirro-cumulus qui constituent ces nuages annoncent le mauvais temps dans tous les pays; le baromètre baisse dès leur apparition.

d) Brouillard. — *Tsy zavona an-kavoana ka misafosafo dia lasa, fa zavona an-dohasaha, ka na hisaraka aza malaina. — Ce n'est pas le brouillard des hauteurs qui caresse seulement et s'en va, mais celui des vallées qui se sépare lentement, comme malgré lui.* Au figuré amitiés passagères ou persistantes.

La brouillard qui apparaît aux premières heures du jour, pendant la saison froide, est causé par la différence de température entre l'air et l'eau (qui est peu diatermane) des rizières ou des rivières, conservant par conséquent sa chaleur propre, tandis que l'air se refroidit beaucoup plus facilement. Il s'ensuit que la surface des eaux constitue de véritables sources de vapeurs très épaisses dans les vallées.

Sous l'effet du vent et de la chaleur solaire, le brouillard s'élève sur les flancs des montagnes sans acquérir pourtant une grande densité; au sommet on éprouve des alternatives d'ensoleillement et de légères vapeurs.

Ny fanompoana tahaka ny zavona : raha halavirina maizina, fa raha akekena mazava. — La corvée est comme le brouillard; de loin, les objets paraissent troubles; de près on les aperçoit plus distinctement. Pendant la saison sèche, le brouillard apparaît fréquemment depuis le lever du soleil jusque vers 9 heures; ensuite sous l'effet de la chaleur solaire, ces vésicules de vapeurs se dissolvent dans l'espace.

Ny ain'ny olombelona aloka aman-javona : mihelina dia lasa. — La vie humaine est de l'ombre et du brouillard; elle apparaît rapidement et s'en va.

Tsy mety reheja niakatra ho rahona, ka vao hiverin-ko zavona. — Lorsqu'on s'est élevé pour être nuage, il ne convient pas de redescendre pour être un brouillard. Le nuage plane au-dessus des têtes, le brouillard rampe sur terre; figure imagée d'après laquelle l'homme doit montrer extérieurement de la dignité et ne point se dégrader.

Ces deux derniers proverbes expriment chez les indigènes des sentiments moraux élevés, du moins en théorie.

e) Rosée. — *Ny mangilohilo tsy ho tana dia ny ranon'ando, ary ny soa vetivety dia ny tsindriandriana. — Une chose brillante qu'on ne garde pas, c'est la rosée; une chose agréable qui passe bien vite, c'est le tsindriandriana* (*jeu des petites filles*). Se dit des biens ou des plaisirs passagers. La rosée est très abondante dans le Plateau central, et se manifeste en moyenne 165 matinées par an.

f) Inondations. — *Ny herika ihany no mahatondra-drano. — C'est la bruine qui fait déborder les rivières.* Aux jours des cyclones, la pluie ou la bruine tombent dans le plateau central; cette précipitation aqueuse générale sur une immense superficie occasionne la crue des rivières et parfois la rupture des digues, vrai désastre pour les rizières qui sont inondées.

g) Gelée blanche. — *Hatao ho zavona hanamasaka ny vary, kanjo fanala hamono ny vomanga. — On a cru que c'était un brouillard pour faire mûrir le riz et il s'est trouvé que c'était une gelée blanche pour tuer les patates.*

Tsy mba ho nampoizina ho fanala hamono ny mangahazo, fa natao ho zavona hahamasaka ny vary. — On ne croyait pas que ce fût de la gelée blanche à faire mourir le manioc, mais on pensait que c'était un brouillard à faire mûrir le riz.

Ces deux proverbes s'appliquent indistinctement aux effets de la gelée blanche sur les patates et le manioc, s'emploient à propos de toute déception. Nous y constatons les coïncidences météorologiques suivantes; les brouillards sont fréquents en juin; de plus la récolte du deuxième riz dit *ambiaty* a lieu en mai et juin; ensuite, on ressent en juin, dans les hauts plateaux du centre, les premières gelées blanches, températures voisines ou au-dessus de 0°. Sous l'effet du rayonnement intense du sol qui s'abaisse jusqu'à — 4° et — 6° en certaines régions de l'Ankaratra et d'Antsirabê, pendant plusieurs nuits consécutives, sous l'effet de la chaleur acquise par absorption pendant la journée, les tissus des tubercules des patates et maniocs ne résistent pas à de telles variations de températures; ils s'altèrent profondément et au bout de quelques jours se décomposent sur pied.

Hoatra ny akondrobe tra-panala : raha velona aza mihohoka. — Bananier atteint par la gelée, alors même

qu'il n'est pas mort, il s'incline. Ce proverbe énoncé à l'occasion des malheurs auxquels on ne peut pas échapper complètement spécifie aussi les conditions de chaleur nécessaire à cet arbuste. Comme le manioc et la patate, il redoute les froids et ne pousse plus à 1,600 mètres d'altitude

Nys tiny tsy mba mivongovongo tahaka ny rahona, fa misokosoko tahaka ny fanala, tsy hita ka mahangoly. — Le sentiment de culpabilité (remords) ne se montre pas comme un amas de nuages, mais il vient comme de la gelée blanche qu'on ne voit pas et qui cependant engourdit.

La vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère est invisible pendant la première phase du phénomène, mais se transforme directement en cristaux glacés qui se déposent sur les feuilles des plantes, ou bien convertit en glaçon la surface de l'eau. La température de l'air s'abaisse alors très notablement; le froid engourdit les membres de l'indigène fort peu vêtu.

h) Arc-en-ciel. — *Antsiben' Andriamanitra. — L'arc-en-ciel est le grand couteau de Dieu.* Image du couteau et de la faucille malgache ayant la forme d'un arc de cercle.

Saingy atao hoe antsiben' Andriamanitra, ka dia hanamerika ny andro. Pour être le grand couteau de Dieu, on fera bruiner. Ce proverbe appliqué à l'occasion d'une fanfaronnade, indique clairement que la décomposition des rayons solaires est causée par les gouttes de pluie ou de bruine.

i) Grêle. — *Havandra ririnina ha mamantantany foana. — C'est de la grêle qui tombe en hiver et ne rencontre que la terre nue.*

Mitsapa tany foana hoatry nu havandra avy ririnina. — Visiter un terrain désert comme la grêle qui tombe en hiver.

Ces deux phrases exprimant la même idée exposée d'une manière différente s'emploient lorsqu'on ne trouve pas ce que l'on cherche à l'endroit voulu. Au point de vue météorologique, la grêle est excessivement rare en hiver, juin et juillet. Nous ne trouvons aucun cas pendant trente années; elle ne causerait du reste aucun dégât à la végétation pour le moment à la période d'arrêt. En revanche, la grêle tombe fréquemment en novembre et décembre.

j) Halos lunaire et solaire. — *Marary ny volana* (ou : *ny masoandro*). — *La lune ou le soleil sont malades.*

Latsaka an-tamboho. — La lune ou le soleil sont entourés d'un enclos.

Dans le premier proverbe, cet événement extraordinaire présageait la maladie du souverain. Des pays éloignés témoins du halo, on envoyait alors une députation à Tananarive, pour s'informer de la santé du roi ou de la reine. Dans le second, on y fait allusion aux murs circulaires ou carrés qui entourent les habitations malgaches.

Au point de vue scientifique, le halo est causé, comme on le sait, par la réflexion ou la réfraction des rayons soit solaires, soit lunaires, sur de microscopiques cristaux de glace qui forment les nuages type cirro-stratus, très connus des aéronautes et aviateurs. Nous avons signalé au cours de ce travail que ce phénomène optique présage les cyclones; dès que ces nuages traversent l'horizon, le baromètre baisse infailliblement; il faut s'attendre à un changement, à une maladie du temps en saison chaude.

k) Trombes terrestres. — Les malgaches appellent la trombe *rambondanitra, queue du ciel.* Ce phénomène s'observe rarement; depuis trente ans, nous ne l'avons observé que six fois; il se produit surtout dans la direction de la rivière d'Ikopa; comme en Europe, il aspire l'eau des rizières et son passage sur les maisons enlève très fréquemment les toitures superficiellement construites.

l) Temps normal. — *Tsy maintsy lena hoatry ny andro ririnina. — Qui n'est ni sec ni humide, comme l'hiver.* Au figuré, se dit du sage qui se tient dans un juste milieu. Au point de vue météorologique, la moyenne annuelle de l'humidité égale 74 p. 100, d'après vingt-six années d'observations. Or, pendant les mois d'hiver, nous relevons en mai une moyenne de 75 p. 100; en juin 76 p. 100; en juillet 75 p. 100; valeurs qui confirment l'exactitude de la comparaison. *Insolation maximum.* — Le printemps qui indique un ensoleillement prononcé s'appelle *Masoandrobé, Lohataona.* En effet d'après vingt-quatre années d'observations de l'héliographe photographique, nous enregistrons en octobre, saison du printemps, une moyenne de 261 h. 5 de clarté solaire, valeur très supérieure à la moyenne annuelle 217 h. 5.

Annonces du printemps. — Kankafotra aho; manambara taona, fa tsy hitsabo. — Je suis l'oiseau qu'on appelle coucou; j'annonce qu'il est temps de défricher les rizières; mais je ne sèmerai pas. (Conséquemment, à vous de semer.) Proverbe Betsimisaraka.

Tsy ny fahamaroan'ny vorona, fa ny Kankafotra (na : taotaonkafa) no famantaran-taona. — Ce n'est pas la multitude des oiseaux, mais le coucou qui est la marque de la saison.

Pour l'intelligence de ces textes, décrivons rapidement et le coucou malgache et les travaux des rizières en pays Betsimisaraka et Hova.

Le *Kankafotra*, sorte de coucou, *Cuculus poliocephalus*, a la taille d'un merle; comme son congénère d'Europe, il ne donne pas successivement une double note composée d'une tonique et de sa tierce majeure inférieure; mais il répète deux fois la tonique et termine par une troisième note qui baisse chromatiquement d'une quarte. Les vieux artistes répètent même trois fois la tonique, mais à bout de souffle, coulent sur la quatrième finale. Son appareil buccal a une puissance telle qu'on peut l'entendre sur un rayon d'un kilomètre. Il chante le matin, parfois au milieu du jour, et le soir quand le temps est beau.

Sa saison musicale commence au printemps en septembre, époque des opérations culturales, et se clôture vers la fin de janvier, lorsque le deuxième riz a été planté. La population Betsimisaraka qui habite la côte orientale cultive surtout le riz de montagne. Dès le mois d'août les habitants brûlent une partie de forêt destinée à être transformée en rizière; puis au mois de septembre ils sarclent le sol assez peu profondément de façon à mélanger l'humus aux cendres; ils sèment ensuite 4 à 5 grains de riz dans des trous distants d'une dizaine de centimètres. La pluie fréquente dans la région maritime et le soleil réchauffant le sol se chargent de le faire germer, de le déve-

lopper, de l'amener à la maturité sans grande fatigue pour l'indigène. En revanche un tel procédé de culture cause de vrais désastres à la zone forestière qui se dénude d'une manière effrayante. Le riz de marais dont nous décrirons plus loin la culture donne un rendement plus considérable et plus rémunérateur.

Manan-jara samy hazo ny ambiaty : nahazo to amin' Amdriamanitra' ka nataon'ny olona famantaran-taona noho ny tenin-drazana. — L'ambiaty est privilégié entre tous les arbustes; il a obtenu de Dieu la vérité et le pouvoir d'inspirer confiance; et sur la parole des ancêtres, on en a fait le signe du printemps.

Tsy mba ny ambiaty mahita ny ao am-pon' ny lanitra aho. — Je ne suis pas l'Ambiaty qui voit ce qu'il y a dans le cœur du ciel.

Ny ambiaty va no tsy mahalala taona, sa ny ranon'orana no manao vatravatra? — Serait-ce l'ambiaty qui se trompe (en annonçant le printemps) *ou la pluie qui arrive avec trop d'impétuosité?*

Dans ces trois proverbes, la floraison de l'ambiaty annonce comme précédemment le premier chant du coucou, l'arrivée du printemps et la saison des semailles du riz dit ambiaty.

L'ambiaty (vernonia appendicula), arbuste de la famille des composées, commence à fleurir dès les premiers jours d'août; sa floraison dure jusque vers la fin de septembre. Pendant cette période, les Malgaches de l'Imerina procèdent en septembre aux semailles du riz de deuxième saison, dans des pépinières; en décembre, comme nous l'avons déjà dit, les femmes repiquent les jeunes tiges dans les rizières préparées et recouvertes d'eau. La plante fleurit en avril; on récolte en mai et juin.

m) Irrégularité des saisons. — *Miantsoro-mianotra ny taona. — Les saisons sont tantôt en avance, tantôt en retard.*

Nous avons déjà signalé que l'époque des premières pluies n'arrive pas à date fixe. Cette irrégularité tient à plusieurs causes.

Ou bien l'aire anticyclonique qui accompagne la saison fraîche s'éloigne de Madagascar et se dirige vers le Sud de l'Australie à une date indéterminée d'octobre; ou bien le centre thermique circulant dans l'intérieur de l'Afrique parvient vers les régions australes de ce continent ou plus tôt ou plus tard que d'ordinaire; ce dernier élément exerce une influence prépondérante sur les courants aériens supérieurs, sur la formation des nuages types cirrus, sur les vents inférieurs de Nord-Ouest dits du canal de Mozambique qui amènent les premières pluies dans nos parages. Ces divers centres d'action variables auxquels se trouve soumis Madagascar par suite de sa situation géographique, expliquent l'époque peu fixe des premiers orages. La saison pluvieuse dure en moyenne cent quatre-vingts jours à Tananarive; elle présente à ce point de vue une régularité parfaite. Sur ces cent quatre-vingts journées, quatre-vingt-quatre sont pluvieuses ou orageuses, soit environ la moitié. Enfin le terme de cette saison a été observé vingt-trois fois en avril, quatre fois en mars, deux fois en mai. Pendant le mois d'avril, les pluies cessent d'ordinaire vers la troisième décade, les dates extrêmes ont été relevées les 23 mars et 1er mai. La période la plus fraîche qui coïncide avec une aire anticyclonique varie de quatre à quinze jours. Elle a lieu généralement en juillet, à date indéterminée; exceptionnellement nous l'avons relevée une fois en mai 1904, et trois fois en septembre 1890, 1902, 1916.

Toutes ces irrégularités méthodiquement observées depuis trente ans justifient la vérité du proverbe malgache.

Aza mivadibadika toy ny andro ririnina. — Ne changez pas souvent comme le jour en hiver. A l'époque fraîche les journées sont ordinairement entrecoupées de nuages et d'éclaircies pendant lesquelles le soleil brille. La durée effective moyenne du soleil égale pendant l'année 217 heures; or, nous enregistrons en juin et juillet une moyenne de 204 heures, valeur inférieure à la précédente; les jours sont d'ailleurs plus courts en hiver.

n) Vents fréquents. — *Rivotra avy atsinanana, ka tsy azo tohaina. — Je suis le vent qui vient de l'Est; on ne peut pas me résister.* Déclaration (peu sentimentale) de l'amoureux à celle qu'il fréquente. *Akofa ka tsy menatra miankandrefana. — La cosse de riz n'a pas honte de s'en aller vers l'Ouest.* Quand on vanne le riz au moyen du vent, le bon grain tombe à terre, mais la cosse vide, emportée par la brise d'Est, s'éparpille vers l'Ouest. *Rivotra avy andrefana. — Vent d'Ouest qui amène la fièvre.*

Cette affection paludéenne sévit plus fortement à Madagascar et aux îles Mascareignes avec vent d'Ouest, qu'avec l'alizé du Sud-Est.

o) Vent cyclonique. — Ce vent violent est désigné sous le nom de *tafo-drivotra.*

p) Vent sec. — Le vent sec venant de l'Est en octobre s'appelle communément : *Rivo-maina.* Le degré d'humidité atteint en ce mois la plus basse valeur, 65 p. 100; la moyenne annuelle représente 74 p. 100.

q) Tourbillons de vent. — *Misampotina tahaka ny tadio lohataona. — Tournoyer et s'entremêler comme les tourbillons de vent au printemps.* Ce proverbe qui signifie les paroles où les idées tortueuses enchevêtrées, d'un médiocre discours, correspond au point de vue comparatif à la réalité des faits. Les tourbillons se produisent fréquemment à l'époque des calmes ou des vents équatoriaux fin d'octobre pendant les journées sans nuages.

Sous l'échauffement du sol, des courants locaux se forment, élèvent en spirale la poussière des chemins jusqu'à 30 mètres de hauteur environ, parcourent une distance de 20 à 250 mètres, enfin se dispersent dans l'espace.

r) Brume sèche. — Les Malgaches donnent à cette brume le nom de *zavon-tany,* brouillard terrestre. D'après vingt-huit années d'observations elle est fréquente en octobre.

s) Séismes. — *Mivadika ny trozona. — La baleine se remue.* Cette proposition, cette image sont à la fois et fausses et invraisemblables. On s'imagine difficilement un cétacé marin, vivant, immortel, enfoui dans les profondeurs et les ténèbres de la terre, secouant de temps à autre la torpeur de ses membres, d'une force colossale, ne se nourrissant pas comme les autres animaux, d'une taille incommensurable et autres conséquences aussi absurdes.

L'heure approximative par la projection des rayons solaires sur la maison malgache. Toute maison malgache se compose d'un quadrilatère ou en bois, ou en pisé, ou en briques. La façade principale contenant la porte et la fenêtre invariablement tournée du côté Ouest, a l'avantage d'être réchauffée intérieurement et extérieurement par le soleil durant toute la soirée. Aucune ouverture n'a été aménagée sur la muraille opposée de l'Est, afin de se garantir contre les brises fraîches de l'alizé. Les troisième et quatrième murs plus étroits surmontés d'un pignon, regardent l'un le Nord, l'autre situé près de la porte regarde le Sud. Le faîtage du toit est dirigé suivant le méridien local. Par suite de cette orientation, les rayons du soleil éclairent, pendant la matinée, le mur extérieur oriental; le soir le mur occidental ainsi que l'intérieur de la maison. Le matin, l'heure offre peut-être des repères moins nombreux que dans la soirée, puisque, l'après-midi, porte et fenêtre laissent largement passer les rayons solaires.

En définitive, la demeure malgache ainsi conçue et exécutée remplit l'office d'une sorte de cadran solaire, genre gnomon, dont l'heure est donnée soit par la projection des ombres, soit par les rayons incidents; type empirique très primitif et très suffisant sous les latitudes tropicales.

D'autre part, à l'époque des équinoxes, les jours durent 6 heures le matin et 6 heures le soir; le soleil exécute par conséquent son mouvement diurne sur la sphère céleste à raison de 15° par heure. En supposant 0° d'altitude aux deux horizons oriental et occidental à cette époque, le soleil à midi se trouvera dans la direction du faîtage de la maison à 90° de hauteur; à 9 heures et 15 heures, 45°. Les moments intermédiaires s'obtiendront facilement en utilisant des points de repères fixes; par exemple, à 10 heures, le soleil occupe sensiblement l'altitude de la poutre inférieure qui supporte le bas du toit oriental; à 11 heures, la hauteur de la deuxième poutre intermédiaire entre cette dernière et le faîtage. Il en serait de même à 13 et 14 heures par rapport au toit occidental; mais alors les rayons qui pénètrent en différents points sur le sol de la maison par la porte, facilitent la connaissance de l'heure.

A ces avantages viennent s'ajouter quelques inconvénients. La déclinaison du soleil variable, la longueur inégale des jours pendant l'année (puisque la différence entre décembre et juin s'élève à 2 heures 17 minutes), impriment à l'heure diurne non corrigée de l'équation du temps, des différences sensibles de durée; tantôt ce temps devient trop long au mois de décembre, tantôt trop court au mois de juin.

En réalité ces variations horaires importent assez peu aux indigènes; ils ne connaissent guère notre temps et considèrent la montre comme un pur objet de luxe. Une évaluation approximative leur suffit amplement.

Ils ont divisé les moments de la journée suivant l'expérience acquise, suivant leurs occupations et usages, suivant un grand nombre de faits constants de la nature, suivant certains rapprochements synchroniques qui se manifestaient invariablement autour d'eux, soit le jour soit la nuit. Puis il les ont exprimés sous forme de phrases ou de locutions dont plusieurs ont une corrélation avec les phénomènes météorologiques. Ainsi, le matin, lorsque la rosée abondante dans nos parages dégoutte des feuilles, *mihintsan'ando*, cette expression signifie l'effet intense du rayonnement nocturne. Lorsque le dessous des feuilles a perdu toute trace de rosée, à cause de la chaleur solaire, les indigènes expriment implicitement l'activité de l'évaporation.

Lorsqu'ils envoient leurs bœufs au pâturage : *Mivoak' omby*, le moment semble très opportun; toute trace de rosée et d'humidité a disparu des herbages; nul danger de météorisation n'est à craindre. Le soir les rayons solaires pénètrent dans la maison, l'éclairent, l'échauffent, l'assainissent, voire même la désinfectent sans frais par les radiations ultra-violettes. Les diverses phrases énoncées ci-dessous ont été adaptées approximativement à notre division du temps de 0 heure (minuit) à 23 heures (11 h. de la nuit).

0 heure. *Mivoaka ny mpamosavy. — Lorsque les sorciers sortent de leur maison.*

Misasak'alina. — Milieu de la nuit.

1 *heure*, 2 *heures. Fahatelon'alina. — Le tiers de la nuit. — Mamaton' alina.* Entre 1 heure et 2 heures du matin, avant le chant du coq.

3 heures. *Maneno akoho tokana.* — Premier chant du coq. *Mody mpamosavy* (ou : *mody nỳ mpamosavy*). — Heure où les sorciers rentrent chez eux.

4 heures. *Maneno indroa ny akoho.* — Deuxième chant du coq. *Mifoha olo-mazoto.* — Les gens actifs se lèvent. *Maneno sahona* (ou : *mihora-tsahona.* — Les grenouilles coassent.

5 heures. *Amin'ny mazava ratsy* (ou : *mazava ratsy ny andro;* ou : *mazava ratsy*). — Dès la première lueur du jour, à l'aurore. *Mangoana atsinanana.* — Quand l'aurore commence à poindre. *Mihintsan'ando.* La rosée dégoutte des feuilles.

6 heures. *Raha mipoaka ny andro* (ou : *mipoaka ny masoandro;* ou : *amin'ny mipoaka masoandro*). — Le soleil commence à paraître. *Mifoha ny olona.* — Les gens se lèvent en même temps que le soleil. *Mivoaka akoho.* — La volaille sort.

7 heures, 8 heures. *Maim-bohon-dravina.* — Quand le dessous des feuilles mouillé par la rosée s'évapore.

9 heures. *Famoaka omby.* — Heure pendant laquelle on fait sortir les bœufs pour les mener au pâturage.

10 heures. *Mitatao haratra ambany.* — Lorsque le soleil est dans la direction de la poutre inférieure du toit Est.

11 heures. *Mitatao haratra ambony.* — Le soleil se trouve dans la direction de la poutre supérieure à la précédente.

12 heures. *Mitatao vovonana.* — Le soleil occupe la direction de la poutre faitière du toit. *Misasak'andro.* — Le jour à son milieu.

13 heures. *Manahana ny andro* (ou : *mivava ahana ny andro*; ou : *latsaka ny andro*). — Le soleil éclaire non loin de la porte.

14 heures. *Raha tsidika bé* (ou : *tsara ny andro*). — Le soleil pénètre plus avant dans la maison. *Ampitotoambary.* — Il arrive à l'endroit où l'on pile le riz (près de la porte).

15 heures. *Raha tonga amin'ny andry ny andro.* — Le soleil se trouve au pilier distant de trois pas de la porte. *Am-pamatoran-janak'omby.* — A l'endroit où l'on attache le veau.

16 heures. *Mby an-joron'akoho.* — Le soleil occupe l'angle Sud-Est de la maison réservé aux poules.

17 heures. *Raha tafapaka amin'ny rindrina ny andro* (ou : *amin'ny tafapaka*; ou : *tafapaka ny andro.* — Le soleil atteint le mur opposé à la porte.

18 heures. *Mena masoandro.* Le *soleil à couleur rouge* va se coucher. *Mitoto-vary.* On pile le riz pour le repas du soir. *Mody omby tera-bao.* — Les vaches qui allaitent rentrent à l'étable. *Mangoron' omby any antsaha.* — On rassemble les bœufs avant de les rentrer à l'étable. *Mody akoho.* — La volaille rentre dans la maison.

19 heures. *Manokom-bary* (ou : *manokom-bary olona*). — Quand on prépare le riz pour le repas du soir. *Maizim-bava vilany.* — Le soleil n'éclaire plus l'ouverture des marmites.

20 heures. *Amin'ny fihinanam-bary.* — Souper du soir.

21 heures. *Vory fandry.* — Après le souper de famille, on étend la natte pour se coucher.

22 heures. *Mandry ny olona.* — Lorsque les gens sont couchés. *Tapi-mandry.* Quand tout le monde est couché et qu'on ne sort plus. *Raha mipoaka ny tafondro.* — A l'heure où l'on tire le canon, couvre-feu.

23 heures. *Manao zovy.* — Lorsque les veilleurs de nuit crient au dehors : *Qui vive!*

***

De cet ensemble de proverbes et locutions malgaches, nous tirerons quelques conclusions générales.

1° Nos résultats d'observations instrumentales faites avec précision pendant trente années, confirment en majeure partie cette source de renseignements.

2° Quoique nos travaux embrassent une période de temps assez courte, néanmoins, comparés avec des documents pour la plupart séculaires, ils fournissent une preuve indirecte de l'invariabilité du climat, sous les tropiques.

3° Malgré le cadre restreint de ces proverbes choisis uniquement parmi les sujets scientifiques, les psychologistes déduiront sans peine l'esprit observateur du Malgache, sa mentalité, son caractère parfois railleur, ses qualités et défauts, ses goûts, ses mœurs, son développement intellectuel, religieux et social, le cachet de sa littérature, etc.

4° Le lecteur ne sera pas étonné de n'avoir rencontré aucun de ces dictons populaires consacrés en Europe à la prévision du beau et du mauvais temps. Le beau temps persiste ici en saison fraîche et pendant les matinées de la saison chaude. Le mauvais temps (pluie, orage) est un fait prévu, sans date précise, mais inévitable, comme on a pu le remarquer d'après les témoignages précédents. Dans ces conditions il paraît superflu d'annoncer à l'avance de telles prévisions. Quant aux cyclones passagers, on comprend l'impossibilité pour le Malgache de connaître ces perturbations atmosphériques. Un service météorologique centralisant les observations faites dans un grand nombre de stations à Madagascar et télégraphiées chaque jour, peut seul fournir des prévisions de temps à courte échéance.

Le rôle de l'indigène, en temps de cyclone, se borne à énoncer par des termes caractéristiques, les principaux effets locaux du météore.

APPENDICE III

MONOGRAPHIES DE CYCLONES

Dans les premiers chapitres le lecteur a déjà appris à connaître les signes précurseurs des tempêtes, la baisse caractéristique du baromètre dès leur apparition, les règles de leurs mouvements de translation et de rotation, la direction, voire même, la constitution du vent cyclonique et plusieurs autres propriétés générales. Ces connaissances exigent pour être complètes, utiles et pratiques, que l'observateur même occasionnel sache résoudre sans erreur ni hésitations les divers cas échéants. Les monographies suivantes lui seront d'un grand secours; elles entrent dans les détails du phénomène, établissent au jour le jour ses phases et ses modifications, contribuent à jeter sur le sujet une plus vive lumière et à servir de guide en des circonstances analogues. Nous les avons classées non pas d'après l'ordre chronologique mais d'après la division topographique adoptée au cours de cette étude, à savoir, selon les quatre types principaux qui se reproduisent presque constamment à Madagascar.

CYCLONES DU TYPE I

a) Ouragan du 15 au 29 décembre 1904 (Voir figure 55). — 13 décembre 1904. Sur les stations Diégo, Vohémar, Maroantsetra, Tananarive et jusqu'à Morondava, le baromètre baisse graduellement. Fortes chaleurs 34°.5 à Diégo et Nosy-Bé, qui subiront dans quelques jours le déchaînement du cyclone.

14. Majunga et Marovoay ressentent, en outre, des stations précédentes, les influences de la grande dépression qui avance vers le Sud-Ouest des régions équatoriales. Un maximum de température, 26°.1, a lieu dans le poste d'Ankazobé, un minimum à Maroantsetra : 19°.4.

15. La baisse barométrique constatée depuis deux jours s'accentue progressivement dans les localités suivantes : Diégo, Vohémar, Marovoay, Ambanja, Nosy-Bé, et Tananarive. Sur le littoral oriental, depuis Diégo jusqu'à Vatomandry, le vent souffle avec intensité du Sud-Est, la mer est agitée. Il pleut sur toute cette zone et un orage éclate à Mahanoro. Dans les postes du plateau central, plus éloignés de la tempête, les vents soufflent fortement de l'Est. Sur la côte occidentale, ils viennent du Nord-Est; à Mozambique, Majunga, Maintirano, Morondava et Tulear, la direction générale est sensiblement Sud. A partir de 10 heures du matin, le cyclone se déchaîne avec fureur sur Diégo; le baromètre descend avec rapidité; à une heure du soir, il tombe à 741 mm. 8, c'est-à-dire à 20 millimètres environ au-dessous de sa moyenne annuelle. En partant de cette donnée, en y ajoutant les observations fournies par Mozambique, Majunga, Diégo et Maroantsetra, d'après les renseignements ultérieurs qui ont appris l'apparition du cyclone à Mayotte et Mozambique, il est probable que le centre a passé à 200 kilomètres environ au Nord de Diégo. Le vent tourne graduellement dans la soirée, du Sud-Est au Nord, en passant par l'Est. La trajectoire du tourbillon se dirige donc à l'Ouest de Diégo, du côté de Mayotte.

Dès 8 heures du soir, Nosy-Bé éprouve les effets de la tourmente. Le baromètre baisse de plus en plus; le vent d'Est souffle assez fort. A partir de 11 heures, il redouble de violence et déracine des arbres. La pression est de 763 millimètres et reste stationnaire jusqu'à 6 heures du lendemain matin. Après quoi le baromètre remonte.

La baisse de cet instrument n'a été que de 7 à 8 millimètres au-dessous de la moyenne annuelle. Remarquons de plus que le centre avait un assez grand diamètre, puisque le baromètre est resté stationnaire pendant 7 heures environ. En outre le mouvement de translation du cyclone paraît assez lent, puisqu'il a mis 10 heures pour se transporter de Diégo à Nosy-Bé.

Dans tous les postes situés au voisinage de la tempête, la pluie est considérable; 92 millimètres à Vohémar. Impossible d'indiquer la quantité d'eau à Diégo, le pluviomètre ayant été renversé par le vent. La température s'élève dans les trois stations de Majunga, Fianarantsoa et Ihosy. Nuit fraîche à Mahanoro : 18°.

16. Majunga éprouve vers midi la plus forte baisse du baromètre, 759 mm. 5 avec vent d'Est. La différence avec la pression moyenne annuelle serait d'environ 6 millimètres, un peu moins qu'à Nosy-Bé. Cette particularité démontre que le tourbillon s'éloigne de l'île; de plus, en combinant les observations de Majunga et de Mandritsara, on constate la présence du cyclone au Nord de Majunga, dans la direction de Mayotte. Les deux stations de Diégo et de Nosy-Bé, éprouvées par le passage de la tempête, ont un minimum de température. Les stations situées dans le Sud-Ouest de Madagascar, Maintirano, Morondava et Tulear, ont au contraire un maximum de température : 31°.9 dans la première, 36° dans la seconde, 35°.4 dans la troisième.

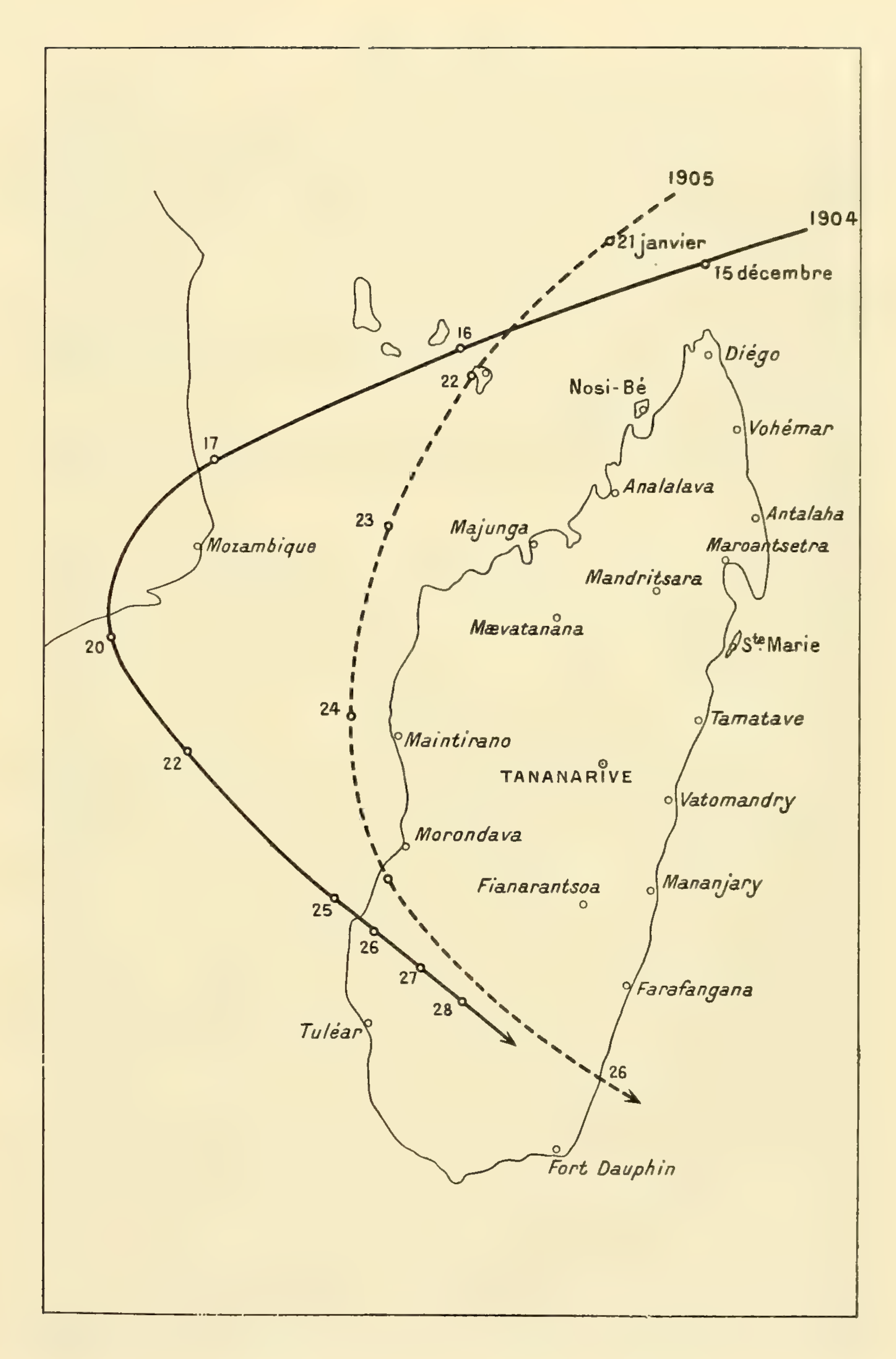


Fig. 55. — Cyclones de décembre 1904 et janvier 1905.

17. Ce jour-là, Mozambique ressent les atteintes du cyclone. A midi le baromètre indique 749 mm. 5 soit 14 millimètres de différence avec la pression moyenne annuelle; le vent vient du Nord-Est. A Majunga la pression atmosphérique a déjà augmenté de 5 millimètres depuis la veille, par vent d'Est-Nord-Est. Le cyclone poursuit donc sa marche dans l'intérieur des terres de l'Afrique orientale. On signale à Mananjary un maximum barométrique local, 764 mm. 2. Dans l'intérieur de l'île, le baromètre remonte depuis Ambovombé jusqu'à Ambositra et sur la côte orientale jusqu'à Tulear. La chaleur persiste encore à Morondava comme hier, 36°; à Ankazobé le thermomètre monte à 26°; survient ensuite une forte pluie de 108 millimètres; à Farafangana on recueille ce jour-là 172 mm. 8 d'eau au pluviomètre.

18. Le baromètre remonte rapidement de 8 millimètres à Mozambique, le vent soufflant du Nord-Nord-Est. Le cyclone continue donc régulièrement sa marche vers l'Ouest de cette station. Dans le plateau central de Madagascar, la pression atmosphérique s'élève à Tananarive, Beforona, Ankazobé et Mandritsara; même observation à Morondava. Pluie ordinaire à Vatomandry : 39 mm. 4.

19. L'état atmosphérique se modifie légèrement; le baromètre, qui était en hausse la veille et l'avant-veille dans l'intérieur et sur le littoral occidental de l'île, tend aujourd'hui à la baisse; nous allons nous trouver de nouveau sous l'influence du cyclone qui parcourt la deuxième branche de sa parabole et va se diriger vers le Sud de Madagascar. 36 millimètres de pluie à Morondava, 32 mm. 6 à Fianarantsoa. La température s'abaisse pendant la nuit dans la région de Mananjary : 24°.

20. La baisse du baromètre s'accentue d'une part à Tulear et Morondava, d'autre part à Fianarantsoa et Tananarive. Les vents indiquent le Nord-Ouest sur la côte Sud-Ouest de Madagascar et dénotent la présence de la grande dépression sur le littoral oriental de l'Afrique, au Sud de Mozambique. Nosy-Bé observe ce jour-là un maximum barométrique local et de peu d'importance : 771 mm. 5. Forte chaleur à Mozambique 30°.2; pluie à Mahanoro : 67 mm. 7.

21. Morondava sur la côte occidentale, Fianarantsoa dans l'intérieur, observent une baisse régulière du baromètre. Le vent du Nord-Ouest souffle assez fortement et par rafales dans les stations de Tulear, Morondava et Maintirano. Un orage accompagné de forte pluie, tombe à Tulear : 61 mm. 9, Tamatave recueille 52 millimètres d'eau, Tananarive 34 mm. 85. La nuit est fraîche à Vohémar : 21°; à Vatomandry, 22°.

22. La station la plus rapprochée du centre du cyclone, Morondava, constate que le baromètre reste toute la journée à 760 millimètres, pression relativement basse pour l'instrument; la brise souffle avec violence du Nord-Ouest, la mer est très agitée. Dans le port de Tulear le vent tourne du Nord-Est au Nord.

Il semblerait, d'après ces indications, que le centre occupe le milieu du canal de Mozambique, entre ces deux stations. Il pleut à Tananarive : 64 mm. 35, ainsi qu'à Mandritsara : 19 millimètres; on observe dans cette dernière localité un minimum de 16°.1; à Nosy-Bé 20°.5; à Vohémar : 21°. Cette même journée avait été assez chaude à Nosy-Bé : 33°.4; Mananjary avait observé 30°; Ankazobé, 26°.

23. Une double dépression enveloppe la zone du Sud de Madagascar. Celle de côte orientale est secondaire; le baromètre baisse à Farafangana : 758 millimètres, à Mananjary 758 mm. 2, à Mahanoro 760 mm. 8. Les vents ont la direction Nord-Est. La dépression principale produite par le cyclone exerce son influence sur la côte occidentale. Le vent Nord-Ouest souffle toujours avec violence dans la région de Morondava, tandis que Tulear et Maintirano signalent des vents du Nord. Fianarantsoa et Tananarive observent, comme à Morondava, le vent de Nord-Ouest. Une saute brusque de la brise a lieu à Tulear, dans la soirée, pendant 15 minutes environ. Est-ce peut-être un effet de la dépression secondaire qui se produit de l'autre côté du littoral oriental, à Farafangana? Mananjary ressent un maximum de chaleur : 32°, minimum au contraire vers Maintirano et Ihosy. Averses à Tulear, 61 mm. 1, à Maintirano, 61 mm. 5, à Ambovombé, 65 millimètres; pluie à Ihosy, 40 mm. 2.

24. La dépression secondaire signalée la veille sur la côte orientale de Madagascar remonte vers Vatomandry, Beforona, Tamatave et provoque en ces points une élévation de température : 30°.8 à Vatomandry, 31° à Andovoranto, 33°.5 à Tamatave. Une pluie fine tombe toute la journée à Tulear; Ankazobé et Ambositra n'ont qu'une pluie ordinaire; orage à Marovoay. Du côté du canal de Mozambique, il semble que la vitesse de translation du cyclone ait une allure très affaiblie, puisqu'il n'a pas encore atteint la côte occidentale de Madagascar.

25. La dépression secondaire qui circule à l'Est de Madagascar monte le long du littoral vers le Nord de l'île; nous la retrouvons ce jour-là à Maroantsetra et Vohémar, où le vent a la direction Sud-Sud-Est et Nord-Nord-Est. Abondante condensation des nuages depuis Fianarantsoa, 33 millimètres, Mananjary, 58 mm. 33, Mahanoro où éclate un orage, Beforona, qui reçoit de fortes averses et une bourrasque de Nord-Est, jusqu'à Vatomandry. Orage à Tulear.

26. La dépression du canal de Mozambique se rapproche de Tulear. Après treize jours de translation autour de Madagascar, le météore a perdu en majeure partie ses forces vives; le baromètre indique seulement 752 mm. 30, soit 8 à 9 millimètres au-dessous de la moyenne.

Une deuxième dépression secondaire pareille à celle du 23 se forme de nouveau sur Farafangana, Mananjary, Andovoranto; la direction ordinaire des courants aériens semble renversée; ainsi, les vents de Sud-Est dominent de Faranfangana à Andovoranto. A Tulear et à Ihosy, leur direction vient d'Est, à Morondava et Fianarantsoa du Nord-Ouest à Ambovombé et Tananarive, de l'Ouest; dans la soirée, le vent tourne à l'Ouest du côté de Tulear. Ce bouleversement dans la circulation aérienne est produit par les deux dépressions simultanées dont les directions sont sensiblement contraires. Le cyclone de l'Ouest longe la vallée du Mangoky.

27. Pendant toute cette journée, le baromètre d'Ihosy se trouve sous l'influence de la dépression de l'Ouest. Le deuxième centre secondaire qui se déplace à l'Est monte vers Tamatave; mais la dépression n'a pas quitté Farafangana. La chaleur se fait sentir tout le long de la côte orientale. Farafangana observe 32°, Mananjary 30°, Beforona 31°.9, Maroantsetra 34°, et Nosy-Bé 34°.5. Un minimum de température a lieu à Ankazobé,

11°.2, et Ambositra, 12°.9. Un tremblement de terre, dont la durée est de 5 secondes, se produit à Mandritsara vers 1 heure du soir.

28. Le baromètre d'Ihosy reste stationnaire à 709 millimètres jusqu'à 1 heure du soir; il remonte ensuite. Le vent a dans ce poste la direction Est, tandis qu'il souffle de l'Ouest à Fianarantsoa et à Tananarive. Le centre du cyclone de plus en plus affaibli, passe, d'après ces indications, au Nord d'Ihosy. Un maximum de pression apparaît ce jour-là du côté de Marovoay. Les chaleurs persistent le long du littoral Est. Orage à Mandritsara, pluie à Ankazobé et Tananarive.

29. Le cyclone semble enfin se désagréger dans l'intérieur de Madagascar aux environs d'Ihosy. La haute pression signalée à Marovoay gagne Tananarive, 650 mm. 75, Ambositra 674.4 et Fianarantsoa, 670 mm. 5. Les vents ont franchement la direction Est. Maintirano éprouve nn maximum de chaleur : 31°.9, Farafangana, 32°, et Mahanoro, 31°. Des orages éclatent dans la région Marovoay-Mandritsara ; pluie à Ankazobé, Tananarive et Antsirabé.

30. L'aire de hautes pressions qui se trouvait hier sur Ambositra se transporte aujourd'hui sur Mananjary et Mahanoro. Corrélativement, une deuxième aire anticyclonique, part depuis Maroantsetra, Diégo, Majunga et Tulear. Chaleurs intenses à Nosy-Bé : 34°.5, à Diégo, 33°, à Andovoranto, 30°, à Ambositra, 28°.8.

31. De Mananjary les hautes pressions descendent sur Farafangana; elles persistent sur Tulear, Fianarantsoa, Mahanoro, Mananjary, Majunga et Mozambique. Le long de la côte orientale et à Mozambique, la direction du vent est Sud-Est, à Diégo et Majunga Nord-Est. Vatomandry observe un maximum de chaleur, 32°.3.

En résumé, Madagascar a subi l'influence d'un cyclone pendant seize jours consécutifs : la présence d'une aire de haute pression a suffi pour combler le tourbillon au Sud de l'île.

b) Ouragan du 21 au 26 janvier 1905 (Voir carte page 341). — 21 janvier 1905. Le régime des vents qui soufflent sur Madagascar s'est légèrement modifié depuis la veille.

En résumé, le mouvement de l'air s'effectue suivant une spirale dont la direction est en sens inverse des aiguilles d'une montre. Sauf à Ihosy où l'on signale une légère hausse secondaire, partout ailleurs, le baromètre continue à baisser. La dépression s'accentue surtout à Nosy-Bé et Ambanja, 4 millimètres au-dessous de la normale, à Mozambique 6 millimètres, Diégo 3 millimètres. En prenant comme base d'observations deux points très distincts l'un de l'autre, Mozambique et Farafangana, le centre de la tempête serait à 800 kilomètres environ au Nord-Nord-Est de Madagascar. Fortes pluies à Mananjary, 118 millimètres, à Mahanoro, 124 mm. 5, stations situées à l'un des tournants de la spirale : 18 mm. 3 à Diégo, 60 millimètres à Nosy-Bé, 55 mm. 7 à Ambanja et 13 millimètres à Morondava.

22. Afin de mieux suivre la marche variable des couches d'air qui tourbillonnent sur Madagascar, nous allons établir l'état de l'atmosphère, le matin, à midi et le soir.

Le matin, les courants aériens qui soufflent sur Mozambique s'infléchissent vers le Sud-Ouest; ils remontent dans la direction de l'équateur, redescendent sur le Nord-Ouest de Madagascar à Ambanja et se bifurquent. Un courant secondaire atteint Mandritsara, Moroantsetra et Antalaha; le courant principal suit exactement la direction de la côte depuis Majunga, Maintirano jusqu'à Morondava. A partir de ce dernier point, il pénètre dans la région Ambositra. Ihosy atteint Mananjary et Mahanoro; au contact de l'Océan Indien ou d'une brise Sud-Est qui souffle au large, décrit une nouvelle spirale en passant par Tamatave et la zone Ankazobé-Tananarive. Le baromètre atteint son plus fort minimum à Majunga : 756 mm. 8, soit 10 millimètres au-dessous de la pression moyenne. En combinant les observations des postes les plus rapprochés du centre, à savoir Majunga, Mozambique, Nosy-Bé et Ambanja, la tempête décrit la seconde partie de sa trajectoire, se rapproche de la grande île et se trouve à 400 kilomètres environ Nord-Ouest de Majunga. A 13 heures, la direction du grand courant de retour qui aboutissait à Morondava se modifie; le vent passe au Sud comme à Tulear.

Un courant secondaire de Sud-Est souffle sur Farafangana, tourne vers Fianarantsoa, revient vers l'Océan Indien à Mananjary, s'infléchit comme le matin vers Tamatave, Tananarive, Antsirabé et Ambositra.

A 18 heures, le courant de Sud-Ouest qui règne sur le canal de Mozambique se bifurque du côté de Morondava, atteint Ambositra et rejoint celui de Mananjary, qui a conservé sa direction primitive. A ce moment la direction des vents depuis Morondava, Fianarantsoa, Tamatave, Tananarive et Antsirabé a la forme d'une volute renversée. L'intensité des pluies est considérable. A Nosy-Bé 135 millimètres, à Ambanja 119 millimètres, à Marovoay 16 mm. 4, à Diégo 44 mm. 9, à Antalaha 17 mm. 6, à Maroantsetra 28 millimètres, à Mananjary 28 millimètres, à Ambositra 22 millimètres, à Antsirabé 28 millimètres, à Ankazobé 15 millimètres, à Tananarive 6 mm. 2.

23. Les baromètres de Marovoay et de Mandritsara indiquent une baisse de 7 millimètres dans la première localité et de 4 millimètres dans la seconde. Le vent tourbillonne avec régularité autour du centre, qui est au Nord-Ouest du Cap Saint-André, approximativement vers le milieu du canal de Mozambique. La pluie tombe presque aussi abondamment que la veille, à Ambanja 116 mm. 7, à Nosy-Bé 86 mm. 5, à Marovoay 34 mm. 5, à Diégo 36 mm. 6, à Maroantsetra 4 mmm. 1, à Mananjary 22 millimètres. La température baisse à Nosy-Bé.

24. Maintirano, Morondava et Tulear sont les postes météorologiques les plus rapprochés du centre. Il est regrettable que Maintirano, auprès duquel est passée la tempête, n'ait pas à sa disposition un baromètre. A Morondava, la pression indique 8 millimètres au-dessous de la moyenne, à Tulear 12 millimètres. D'après les directions du vent que donnent Diégo, Mozambique, Majunga, Tamatave et Fianarantsoa, le cyclone se rapproche de Tomboharana, au Sud du Cap Saint-André. Un minimum secondaire se forme sur Vohémar et Maroantsetra. Dans la soirée un orage s'abat sur Diégo, à 13 heures : 19 millimètres de pluie; à 16 heures les manifestations électriques atteignent Maroantsetra, 5 mm. 9 de pluie. On recueille à Mananjary 64 millimètres

d'eau, à Farafangana 107 millimètres, à Beforona 75 mm. 4, à Morondava 89 millimètres, à Maintirano 62 millimètres, à Marovoay 44 mm. 1, à Ambanja 39 mm. 6, à Nosy-Bé 18 millimètres.

25. Le baromètre de Morondava indique à 7 heures du matin 755 millimètres, comme la veille au soir; le ciel est complètement couvert et la pluie abondante. Le vent souffle du Sud-Ouest. A Tulear, la direction du vent est Sud-Est; le baromètre remonte. La pression diminue de 6 millimètres à Ihosy, de 8 millimètres à Fianarantsoa et Farafangana. Le vent a la direction Est à Ihosy, Nord-Ouest et Ouest à Fianarantsoa, Sud-Est à Farafangana. La tempête a donc suivi pendant cette journée la vallée du Mangoky, elle passe à 50 kilomètres Sud-Est d'Ihosy et continue sa route vers l'Océan Indien. Le minimum secondaire, qui, la veille, était passé sur Vohémar, se manifeste à Diégo. La température s'élève à Tamatave : 35°. De fortes averses se produisent à Morondova 89 millimètres, à Farafangana 197 millimètres, à Mananjary 55 millimètres, à Mahanoro 18 mm. 8, à Nosy-Bé 47 mm. 5, à Ambanja 46 mm. 5, à Mandritsara 14 mm. 3, à Ankazobê 56 millimètres, à Beforona 17 millimètres, à Antsirabê 10 millimètres, à Ambositra 15 mm. 4, à Fianarantsoa, 30 mm. 26. Farafangana est l'unique station météorologique la plus voisine du centre de la dépression; dès 7 heures du matin le baromètre est remonté de 2 millimètres depuis la veille au soir, le vent a la direction Sud-Ouest, la mer est houleuse. Ces circonstances donnent lieu à croire que le cyclone a rejoint l'Océan Indien au Sud de Farafangana, dans la nuit du 25 au 26.

Il est tombé 25 millimètres d'eau à Farafangana, 58 mm. 5 à Mahanoro, 14 mm. 6 à Ambositra, 44 mm. 8 à Tananarive, 14 millimètres à Morondava.

D'après les données précédentes, il résulte que la tempête a évolué d'abord au Nord-Nord-Est, au Nord, à l'Ouest, au Sud-Ouest et au Sud-Est de Madagascar pendant sept journées consécutives; sa trajectoire autour de l'île avait une longueur approximative de 2,680 kilomètres; sa vitesse de translation était en moyenne de 16 kilomètres à l'heure.

CYCLONE DU TYPE II

a) Ouragan du 9 au 12 décembre 1902. — *Journée du 9 décembre.* — A Tananarive, les signes précurseurs du cyclone s'annonçaient dans la journée du 9 décembre. Des bandes de cirro-stratus, de strato-cumulus, animées d'une vitesse inaccoutumée, la teinte rouge cuivre des nimbus au coucher du soleil, halo lunaire, nuages inférieurs bas, vent Sud-Sud-Est, direction rare à cette époque de l'année, baisse graduelle du baromètre, tous ces détails faisaient pressentir une perturbation dans l'atmosphère.

Les stations météorologiques de Tamatave, Fénérive, Maroantsetra indiquent vent Sud-Est; d'après la loi de Buys Ballot, le cyclone se meut donc sur l'Océan Indien au Nord-Est de l'île et se dirige sur Antalaha.

Par suite d'une erreur ou bien par l'effet d'un obstacle qui a faussé la direction vraie du vent, Antahala signale vent Sud-Ouest; il est probable que la direction vraie était dans le quadrant Sud. En règle générale lorsque le centre d'un cyclone passe en un lieu, le vent, qui auparavant soufflait suivant un certain rhumb prend, après le passage, un rhumb diamétralement opposé. Or, comme on le verra plus loin, au calme central observé à Antalaha, succéda le vent du Nord. C'était donc bien le vent du Sud qui soufflait avant l'arrivée de la tempête. Une autre preuve nous est donnée par la situation topographique du lieu.

Antalaha est bornée à l'Ouest par une arête de montagnes couvertes de forêts qui s'avance jusqu'au cap Masoala, orientée Nord-Sud. Cette arête doit protéger la côte des vents Sud-Ouest.

Cette remarque démontre que, suivant le conseil des météorologistes il est préférable en pareilles circonstances, d'observer la direction que prennent les nuages inférieurs, plutôt que la direction du vent au voisinage du sol. Dans ces tourbillons atmosphériques, les couches inférieures sont attirées vers le centre où se produit une raréfaction de l'air, absolument comme le tirage au bas d'une cheminée où l'on entretient le feu. Cet appel vers le centre dévie les couches de leur vraie direction et induit l'observateur en erreur, s'il a l'imprudence de noter le vent soufflant près du sol.

Journée du 10 décembre. — A Antalaha le vent toujours violent conserve la même direction, le baromètre continue à baisser, signe infaillible que ce point se trouve sur la trajectoire du centre. En effet à 8 heures du matin, calme jusqu'à 11 heures, le centre aborde la côte, traverse la ville suivant son diamètre; le baromètre tombe à 729 millimètres, soit 33 millimètres de variation. Cette dépression suppose, en somme, un cyclone de faible intensité, puisque le baromètre atteint fréquemment la hauteur de 720 millimètres dans les cyclones ordinaires; à Maurice, il redescendit à 710 millimètres en 1818; et aux îles Bahama, à 703 en 1886. A peine le centre a-t-il quitté Antalaha, que le vent souffle du Nord.

Une portion du segment central touche Maroantsetra à 13 heures; 45 minutes de calme, puis, comme à Antalaha, le vent passe au Nord. La variation barométrique est déjà moindre qu'en cette dernière station : 28 millimètres environ.

L'ouragan a rencontré un premier obstacle, l'arête couverte de forêts qui sépare la baie d'Antongil de l'Océan Indien. La dépression tend à se combler, comme disent les météorologistes.

En passant sur Antalaha et non loin de Maroantsetra, la direction de la trajectoire se précise; suivant les lois ordinaires de la cyclonomie, la tempête continue sa marche vers le Sud-Ouest, en gravissant l'arête faîtière de Mandritsara et en se heurtant aux dernières pentes méridionales du massif de l'Ankaizinana, hautes de 1,000 mètres.

En effet à la première branche de la parabole, deux forces sollicitent le cyclone dans son mouvement de translation, l'une, variable, l'entraîne d'abord vers l'Ouest, l'autre, constante, vers le pôle Sud, c'est-à-dire vers des régions froides; il prend alors la résultante ou direction moyenne : Sud-Ouest. Bien plus, à mesure que le tourbillon s'avance vers Mandritsara, il atteint des montagnes de 1,000 mètres d'altitude, plus froides

par conséquent que le littoral et la surface de la mer; dès lors la vapeur d'eau contenue dans les couches atmosphériques se condense sous forme de pluies torrentielles. Le calorique latent mis ainsi en liberté entretient la raréfaction dans le centre et y provoque un courant ascensionnel rapide. Mais l'équilibre de cette masse d'air en mouvement tend à se rompre. La force centrifuge n'étant plus contre-balancée, il arrive que le diamètre du cyclone s'élargit de plus en plus.

C'est ce qui explique pourquoi la zone d'influence s'étend jusqu'aux régions les plus éloignées de l'île sur Farafangana, distant de 800 kilomètres, sur Tulear, à 980 kilomètres et se fait sentir même à Mozambique,

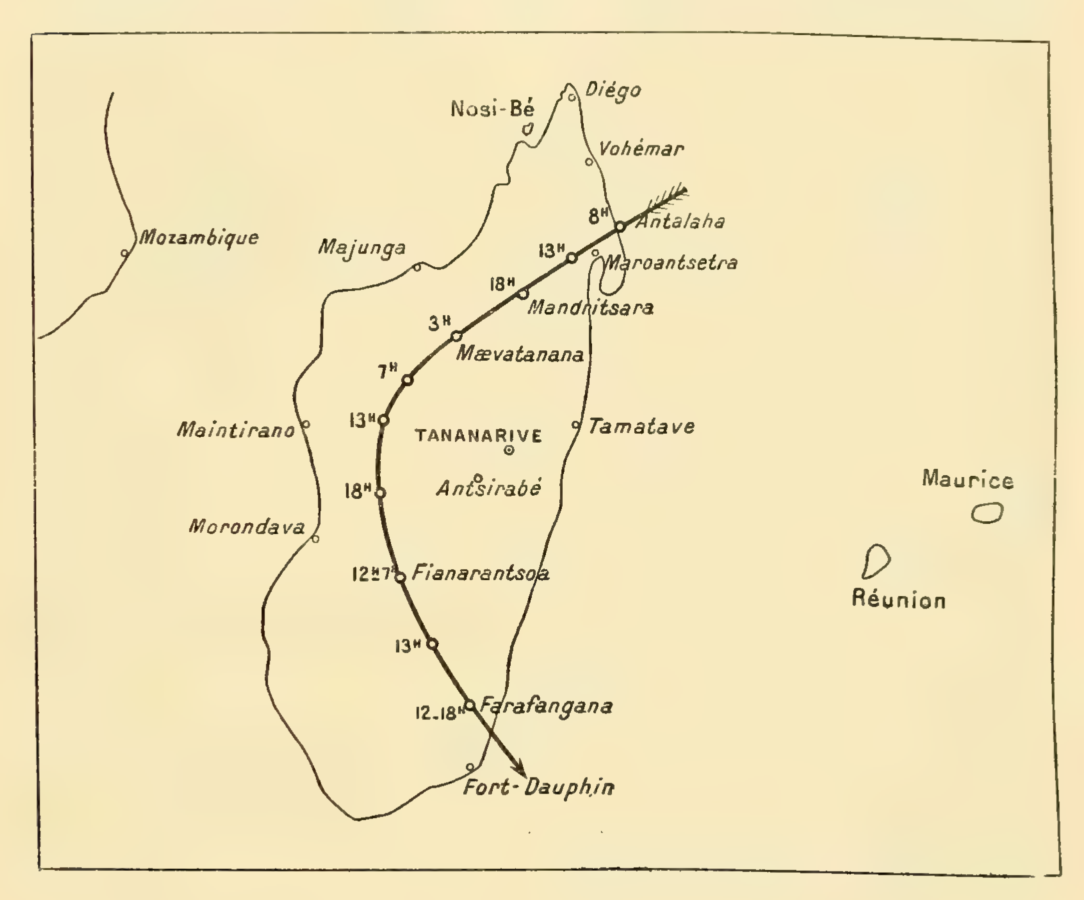


Fig. 56. — Cyclone du 9-12 décembre 1902.

éloigné de plus d'un millier de kilomètres. Voilà pourquoi encore la station météorologique de Mandritsara signale un total de 112 millimètres de pluie et une crue de 8 mètres de la rivière.

La station de Mandritsara n'ayant pas pu indiquer la direction du vent, mais seulement sa force estimée, la position du centre sur la carte a été assez difficile à déterminer.

En prenant donc comme base la plus grande baisse barométrique qui a eu lieu à 6 heures du soir, 721 millimètres, la direction du vent fournie par les stations voisines de Maroantsetra, Antalaha, Vohémar, Diégo et par celle de l'observatoire de Tananarive, il y a tout lieu de croire que la trajectoire du météore a passé sur Mandritsara, le 10, à 18 heures, et non le 11, comme il est dit par erreur au *Journal Officiel*. Il est inadmissible que le tourbillon ayant franchi en 5 heures 80 kilomètres qui séparent Antalaha de Maroantsetra, ait mis ensuite 17 heures pour aller de Maroantsetra à Mandritsara, distants de 100 kilomètres.

En supposant la pression barométrique moyenne de Mandritsara égale à 740 millimètres, la variation serait de 19 millimètres; cette dernière constatation démontre que la tempête perd déjà son énergie.

Journée du 11 *décembre*. — A 3 heures du matin le vent prend la direction d'Est à Tananarive; le baromètre est descendu à 10 millimètres au-dessous de la moyenne annuelle.

La tempête continue donc sa marche au-dessous de 16° de latitude, non loin de la Mahajamba, à 300 kilomètres Nord de la capitale. Depuis la veille elle a contourné le plateau Nord et Ouest du Tompoketsa, et

s'apprête à enfiler les derniers contreforts qui séparent la Mahajamba de la Betsiboka. Or, dans cette masse tourbillonnante, la force qui, au début, la poussait vers l'Ouest s'affaiblit par l'effet de la latitude et du mouvement de rotation de la terre, tandis que celle qui l'entraîne vers le Sud reste constante. Il s'ensuit que la trajectoire s'incline légèrement vers le Sud.

7 heures. — La station météorologique de Maevatanana indique un minimum barométrique de 749 millimètres par vent fort. Impossible de se baser pour le moment sur la station voisine, Ankazobé, car le massif du Vazobé, haut de 1,800 mètres, protège la ville des vents de Nord-Est qui probablement soufflent en ces parages. Il faut donc recourir aux observations de Majunga, d'une part, et de Tananarive, de l'autre. Dans la première station le vent vient du quadrant Ouest et Sud-Ouest; dans la deuxième, de l'Est-Nord-Est; donc, le centre a dû passer non loin de Maevatanana.

Nous ne pouvons pas non plus juger de la variation du baromètre à Maevatanana sous l'influence du centre; l'erreur de l'instrument dépasse au moins 10 millimètres.

Depuis le matin, le cyclone traverse, avec une vitesse moyenne de 20 kilomètres à l'heure, l'immense plateau de Menavava borné vers l'Ouest par le massif du Bongo-Lava; nul obstacle ne se dresse sur sa route. Vers 1 heure du soir, il est descendu déjà à 18° de latitude; la station météorologique la plus rapprochée du centre se trouve être Ankazobé. Le vent y souffle fortement du Nord. A Tsimanandrafozana, sur la côte Ouest, distant de 220 kilomètres de la trajectoire, le vent est au Sud-Sud-Est et la courbe du barographe baisse de 6 millimètres; Tananarive n'est qu'à 180 kilomètres du cyclone, le baromètre atteint son plus fort minimum 638 mm. 03. Le diamètre central ne paraît pas avoir varié depuis la veille; il avait mis, en effet, trois heures pour traverser Antalaha; ici, aux points où la trajectoire est plus rapprochée de Tananarive, il met 3 h. 12; presque le même temps.

L'ouragan suit la chaîne du Bongo-Lava. Dans cette région, les couches atmosphériques, par suite du mouvement de la terre, sont animées d'une vitesse d'Ouest à Est égale à celle du cyclone; dès lors, elles détruisent la force initiale d'Est à Ouest; dans toute cette masse d'air tourbillonnante, il n'existe plus que le calorique qui la pousse constamment vers le Sud. Telle est la direction que va prendre momentanément le cyclone.

A 6 heures du soir, il se trouve un peu au-dessous du 20° de latitude. Sur la côte Ouest, Tsimanandrafozana signale vent Sud-Ouest modéré; à Morondava, aucune indication, pourtant le baromètre baisse à ce moment, probablement parce que la trajectoire passe au plus près de cette station. Du côté Est, un minimum de pression atmosphérique se produit à 5 heures du soir, sur Antsirabé. La direction vraie du vent y est certainement faussée par le massif du Famoizankova et par celui de l'Ankaratra qui le bornent au Nord. Le vent Nord-Est qu'on y indique n'est autre que le vent du Nord qui contourne le versant Est des deux massifs.

Journée du 12 décembre. — L'ouragan parcourt la deuxième branche de la parabole dans la nuit du 11 au 12. Les molécules atmosphériques rencontrent des couches d'air animées d'une vitesse considérable d'Ouest à Est dans le sens du mouvement de rotation de la terre; et, comme la force qui les dirige vers le Sud reste constante, elles prennent une direction intermédiaire qui est Nord-Ouest-Sud-Est. Arrivé à l'extrémité Sud du Bongo-Lava, qu'il longe depuis le matin, le cyclone s'engouffre dans la vallée du haut Mangoky, où il trouve une issue toute naturelle. La chaîne qui limite les deux affluents de l'Ihosy et du Zomandao n'offre, en effet, que des altitudes de 1,100 mètres, qu'il franchit aisément.

A 7 heures du matin, le cyclone se meut à 80 kilomètres au Nord d'Ihosy; le baromètre reste à 702 millimètres, ce qui suppose une variation de 8 millimètres seulement; la pluie est très abondante : 54 millimètres pendant la nuit; à Mananjary et à Farafangana, le pluviomètre déborde. Le vent devient modéré le mouvement rotatoire s'affaiblit; l'ouragan se résout désormais en torrents de pluie.

Les quatre stations météorologiques de Farafangana, Fianarantsoa, Ambositra et Antsirabé signalent unanimement par la direction du vent que, à 13 heures, la trajectoire suit la rivière Menarahaka et se dirige rapidement vers l'océan Indien par la vallée de Mananara.

18 heures. — Le vent souffle du Nord-Ouest à Farafangana; le baromètre reste à 756 millimètres toute la soirée. La trajectoire se rapproche de la côte orientale.

Si l'instrument de Faragangana donne des résultats exacts, il faut avouer que la dépression s'est entièrement comblée.

Enfin, à 20 heures, l'ouragan a rejoint l'océan Indien. La longueur de la parabole qu'il a parcourue en traversant Madagascar est un peu supérieure à 1,200 kilomètres; il a effectué sa trajectoire en 60 heures, sa vitesse moyenne de translation a donc été de 20 kilomètres à l'heure.

b) Ouragan du 1er au 7 avril 1905. — I. *Premiers symptômes.* — Les signes précurseurs de l'ouragan ont commencé à se manifester dès le 29 et le 30 mars. Le baromètre baissait, en effet, à l'observatoire de l'île de Maurice et indiquait 753 mm. 65; à la Réunion on observait 758 millimètres. Des pluies tombaient en abondance et le vent Sud-Est soufflait avec force. Pendant le coucher du soleil, les nuages présentaient, à la Réunion, la couleur rouge cuivre, signe caractéristique à la veille des cyclones.

A Madagascar le baromètre de Diégo baisse de 5 millimètres au-dessous de la pression moyenne; le vent a la direction Est et Est-Sud-Est; sa vitesse augmente depuis la veille et donne un total de 732 kilomètres en 24 heures; la mer commence à devenir agitée. Toutes les autres stations météorologiques, disséminées dans la grande île, signalent, au contraire, une aire de hautes pressions. Ce phénomène connu en météorologie sous le nom de anneau de Galton s'explique facilement : la tempête qui évolue dans l'océan Indien et s'avance vers Madagascar, refoule devant elle d'immenses couches d'air, véritable flux aérien soumis comme tous les gaz aux lois de la pesanteur et agissant, par conséquent, sur la colonne mercurielle du baromètre. De plus, cette aire anticyclonique, maintes fois constatée dans les mers de Chine, se produit en ces latitudes lorsque plusieurs

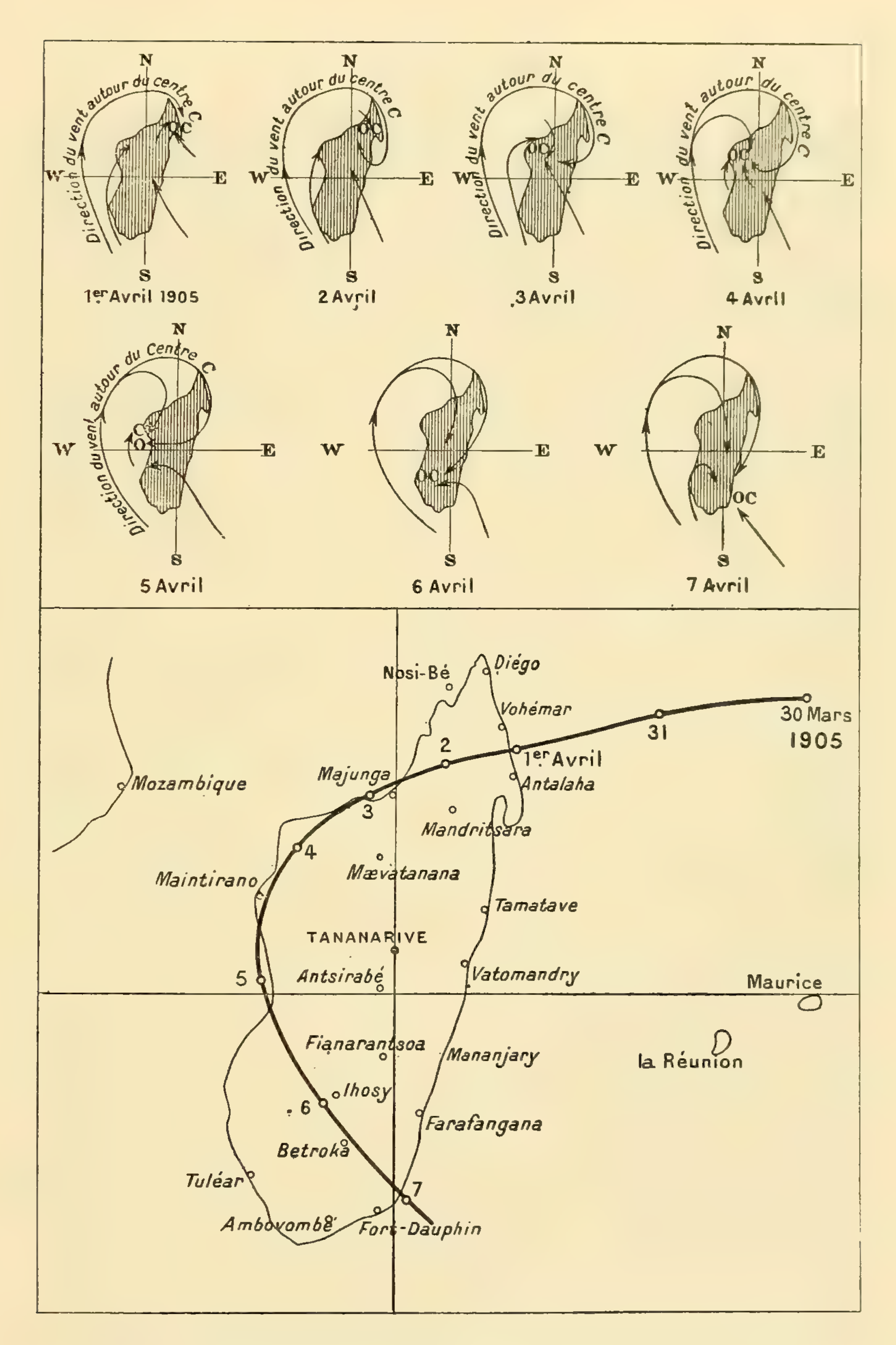


Fig. 57. — *En haut* : Circulation du vent autour de Madagascar pendant le cyclone du 1er-7 avril 1905. — *En bas* : Trajectoire du même cyclone.

dépressions se suivent à de courts intervalles. Étant données les circonstances actuelles, nous serions portés à croire que cette aire annulaire, qui se déclare à la veille même du cyclone, délimiterait la segmentation d'une immense tempête primitive dont la première partie, celle du 21 mars, se serait dirigée vers la Réunion, la seconde ayant une vitesse de translation moindre est venue fondre sur nous huit jours plus tard.

31 *mars*. — La hausse du baromètre dans les stations de la grande île n'est pas de longue durée. Partout, sauf du côté du Fort-Dauphin et de Tulear, régions les plus éloignées de l'ouragan, la baisse devient générale. Elle s'accentue principalement vers Antalaha par où passera le centre; la pression diminue de 6 millimètres en 24 heures. Tout le long de la côte orientale de Madagascar, de puissantes vagues agitent l'océan Indien.

A l'Observatoire de Tananarive, on remarque dans les hautes régions de l'atmosphère de longues bandes de cirro-status animées d'une vitesse inaccoutumée : la moyenne diurne barométrique, 649 mm. 53, diffère d'un demi-millimètre en moins de la normale; la température est plus élevée que les jours précédents; enfin, dernier signe caractéristique, au coucher du soleil, les nimbus présentent pendant quelques minutes la teinte rouge cuivre observée la veille à la Réunion.

II. *Le cyclone*. — 1er *avril*. — Lorsque la tempête aborde le Nord-Est de l'île, dans la direction d'Antalaha, le baromètre de cette station descend de 17 millimètres en 24 heures; à 20 heures, il est à 731 mm. 4, soit 31 mm. 6 au-dessous de la pression moyenne, valeur égale à 2 millimètres près à celle observée lors du cyclone du 10 décembre 1902. Le vent souffle en ouragan du Sud-Est; la mer est démontée; la pluie presque continuelle donne 120 millimètres d'eau. Dans le poste météorologique de Maroantsetra, situé à une centaine de kilomètres au Sud du centre, on observe dans la soirée une baisse de 15 millimètres; les rafales du Sud-Sud-Est ont une violence telle qu'elles brisent l'anémomètre; la pluie est encore plus abondante qu'à Antalaha : 158 millimètres. A Diégo-Suarez, qui se trouve vers le Nord de la grande perturbation, la pression atmosphérique diminue de 10 millimètres; à 18 heures, 752 mm. 8. Le vent Ouest-Sud-Ouest a une vitesse de 1,140 kilomètres en 24 heures, ce qui équivaut à une moyenne de 47 kilomètres à l'heure. Sur toute la zone du littoral oriental, on signale des pluies : 52 mm. 4 à Tamatave, 43 mm. 5 à Anivorano, 38 millimètres à Vatomandry, 60 mm. 6 à Mahanoro, 45 millimètres à Mananjary, 42 millimètres à Farafangana.

Dans l'intérieur du plateau central, la station de Mandritsara constate une dépression de 9 millimètres; le vent Sud-Est augmente de force; la journée est pluvieuse; on recueille au pluviomètre 20 mm. 5 d'eau. Plus au Sud et à 420 kilomètres de distance du cyclone, Tananarive éprouve une baisse de 3 millimètres par rapport à la pression moyenne. On ressent une brise modérée de Sud-Est; sa vitesse, en 24 heures, est de 572 kilomètres. Toute la journée le temps reste couvert; une légère bruine qui tombe par intermittence fournit un total de 5 mm. 65 d'eau. Beforona recueille 46 mm. 5, Ambositra 19 mm. 9, Fianarantsoa 1 mm. 6; sur la côte occidentale, Maintirano observe 4 millimètres.

En combinant la direction du vent aux stations d'Antalaha, de Diégo et de Maroantsetra, on constate d'après la loi de Buys Ballot, que le centre de la tempête occupe le nord d'Antalaha.

Le régime des vents, pendant cette journée, peut se résumer ainsi : à Maurice, sur la côte orientale de Madagascar, depuis Antalaha jusqu'à Fort-Dauphin, dans l'intérieur des terres et au Sud du canal de Mozambique, souffle l'alizé du Sud-Est et d'Est-Sud-Est. A Mozambique, il s'infléchit vers Diégo et Vohémar. D'après ces indications, on voit immédiatement que le mouvement de rotation de l'air, autour du centre de ce cyclone, ne s'effectue pas suivant un cercle complet, comme d'ordinaire; il est probable que, dans l'état actuel de l'atmosphère, les vents polaires ou l'alizé du Sud-Est qui s'est déjà établi comme courant général sous nos latitudes, contre-balance l'effet du mouvement tourbillonnaire et l'empêche de prendre son entier développement. Le vent affecte donc, du côté Nord de l'île seulement, la forme d'un crochet ou d'un commencement de spirale.

Durant la nuit du 1er au 2 avril, la dépression gagne les hauts plateaux de Madagascar.

2 *avril*. — Vers 7 heures du matin, le centre passe au plus près de Nosy-Bé; le baromètre indique la pression minimum de 757 millimètres; la pluie paraît assez considérable 40 mm. 5. Il est 13 heures lorsque la tempête traverse Mandritsara; le baromètre descend à 695 millimètres; le vent Sud-Est redouble d'énergie; la pluie tombe par intervalles; le pluviomètre donne 99 mm. 5.

A l'arrière du cyclone, le baromètre remonte dans les trois postes météorologiques d'Antalaha, de Maroantsetra et de Diégo. Il baisse au contraire à Tananarive, 645 mm. 60, à 16 heures. La vitesse du vent augmente depuis la veille : 786 kilomètres en 24 heures, ce qui suppose une moyenne de 32 kilomètres à l'heure. Tamatave et Andovoranto notent une vitesse moindre : 612 kilomètres dans la première station, 720 kilomètres dans la seconde. Diégo signale une diminution de vitesse; elle n'est plus que de 527 en 24 heures.

A l'avant de l'ouragan, dans les postes de Marovoay et de Majunga, la dépression barométrique égale 7 millimètres environ; le vent souffle violemment du Sud-Ouest et on enregistre 29 mm. 7 de pluie.

Le vent a conservé sensiblement la même direction générale qu'hier, dans toute l'étendue de Madagascar; mais le crochet qu'il formait près du centre s'est agrandi par suite du mouvement de translation de l'ouragan et des vents du Nord qui descendent aujourd'hui jusque vers le milieu de la côte orientale, à Tamatave. Il résulte de ce fait que la force qui produit le mouvement tourbillonnaire autour du centre refoule momentanément les courants polaires.

La quantité de pluie qui tombe dans les stations du littoral Est a diminué de moitié depuis hier. Un orage éclate sur Diégo, vers les 8 heures du matin, et fournit 55 millimètres d'eau; on recueille 73 millimètres à Maroantsetra, 8 mm. 4 à Tamatave, 24 millimètres à Anivorano, 12 mm. 8 à Vatomandry, 14 mm. 5 à Mahanoro, 90 millimètres à Mananjary. Dans l'intérieur de l'île, la pluie augmente.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, sa hauteur à Mandritsara égale 99 mm. 5; à Tananarive une légère bruine donne 7 mm. 10; à Beforona, pluie torrentielle, 111 mm. 5; au Camp d'Ambohimanatrika, situé aux pieds Ouest du Fody 38 mm. 6; à Ambositra 9 mm. 5, à Fianarantsoa 36 mm. 5, à Marovoay 29 mm. 7.

3 *avril.* — Pendant la nuit du 2 au 3, le baromètre de Majunga descend jusqu'à 749 millimètres; à Marovoay, région près de laquelle passe le centre du cyclone, le baromètre indique 754 millimètres; à 18 heures, la baisse est d'environ 12 millimètres dans les deux stations. Le vent varie du Nord au Sud-Est; il souffle avec une extrême violence. L'ouragan traverse la contrée de Marovoay et continue sa marche vers le cap Saint-André en déversant sur son passage des torrents de pluie; on recueille au poste météorologique 127 mm. 4 d'eau.

Le barographe de Tananarive atteint son plus fort minimum à 4 heures du soir : 645 mm. 5. La vitesse du vent en 24 heures égale 788 kilomètres; à Tananarive 609 kilomètres; la valeur de cet élément météorologique n'a donc presque pas varié dans cette zone depuis la veille; à Fianarantsoa on observe 435 kilomètres; à Fort-Dauphin 550 kilomètres; à Diégo, 328 kilomètres.

La circulation atmosphérique n'a subi qu'un très léger changement depuis hier. Les vents du Nord se prolongent jusqu'à 100 kilomètres Sud de Tamatave, à Andovoranto. Dans la partie septentrionale de l'île et sur la côte occidentale, les couches aériennes sont soumises au mouvement régulier du tourbillon. Il n'en est pas de même dans l'intérieur des terres, dans le Sud de Madagascar et à l'île Maurice; l'alizé d'E.-S.-E. non seulement persiste, mais même augmente en force; cette influence prépondérante soustrait toutes ces stations à la loi des tempêtes.

Il est tombé 58 millimètres d'eau à Tananarive, 171 mm. 6 auprès du Fody, 125 millimètres à Beforona, 18 millimètres à Mandritsara, 30 mm. 2 à Antsirabé, 10 mm. 3 à Fianarantsoa. Le total de la pluie dans le plateau central est sensiblement égal à la somme des deux valeurs obtenues la veille et l'avant-veille.

A Nosy-Bé elle n'est que de 3 millimètres. Sur la côte orientale, la condensation est moitié moindre que la veille; on observe 30 millimètres à Diégo, 15 mm. 2 à Maroantsetra, 7 mm. 3 à Tamatave, 21 mm. 8 à Anivorano, 11 mm. 8 à Vatomandry, 17 millimètres à Mahanoro, 50 millimètres à Mananjary, 6 milimètres à Farafangana. Les fortes pluies que nous venons de signaler dans la région centrale de l'île ont pour effet immédiat une crue exceptionnelle des principaux fleuves qui se déversent dans l'océan Indien, la Vohitra, l'Iaroka, le Mangoro et le Mananjary. Cette élévation des eaux s'explique assez facilement dans le régime atmosphérique auquel nous sommes soumis depuis deux jours. Trois facteurs principaux concourent à augmenter l'intensité de la condensation. D'abord nous subissons les effets de la pluie cyclonique qui provient, comme on le sait, des couches atmosphériques entourant le tourbillon et se chargeant de vapeurs dans l'océan Indien. A mesure que ces vapeurs gagnent des latitudes plus élevées, ou qu'elles atteignent des rivages, elles se transforment en averses. En second lieu la pluie augmente encore lorsqu'elle est influencée par les reliefs du sol. Supposez qu'un courant aérien déjà humide et provenant de la mer, aille se heurter contre des chaînes de montagnes couvertes de forêts d'une altitude supérieure à 1,000 mètres et dont la température est relativement basse, il se produira au sein de cette masse une détente brusque, un refroidissement subit qui provoquera une pluie abondante. Tel est le cas parfaitement constaté le 3 avril; tandis que, non loin de la mer, à Anivorano, le pluviomètre indique 24 millimètres; Beforona, situé à 520 mètres d'altitude et aux pieds de la première crête faîtière, reçoit 111 mm. 5, valeur cinq fois plus grande qu'à Anivorano; au camp d'Ambohimanatrika, près du Fody, non loin de la deuxième arête faîtière et 900 mètres environ d'altitude, la pluie égale 171 mm. 6, quantité sept fois plus considérable qu'à Anivorano. En remontant la falaise de l'Angavo, les nimbus ont déjà déversé la majeure partie de l'eau contenue dans leur masse, aussi ne recevons-nous à Tananarive qu'un total relativement faible de 58 millimètres. En troisième lieu, ajoutez aux circonstances atmosphériques que nous venons de signaler la rencontre éventuelle de deux courants aériens différents soit en directions soit en températures, celui de Tamatave venant du Nord-Est et par conséquent des régions équatoriales, celui de Vatomandry venant du Sud-Est, et par conséquent des régions polaires, le courant de Tamatave ayant une température voisine de 30°, celui de Vatomandry ayant 27°, il s'ensuivra nécessairement qu'à leurs points de jonction, c'est-à-dire aux arêtes faîtières du versant oriental, ces couches atmosphériques subiront une condensation encore plus intense.

Les principaux fleuves qui se jettent dans l'océan Indien, les rivières qui coulent dans le Plateau central, prennent naissance dans les sommets des arêtes faîtières; on comprend dès lors que ces cours d'eau recevant une énorme quantité de pluie, se soient transformés en torrents impétueux et aient causé de si désastreuses inondations.

4 *avril.* — Marovoay, Majunga et Mozambique sont les trois stations les plus rapprochées de la tempête. Le baromètre de Mozambique marque à midi 758 mm. 5, celui de Majunga 754 mm. 2, celui de Marovoay 757 mm. 5. Dans le première localité, le vent souffle du Sud-Ouest, la mer est agitée; dans la deuxième il vient du Nord-Ouest; la mer se calme. En se basant sur ces données, le centre du cyclone descendrait vers le Sud du cap Saint-André, non loin de Tomboharana. Sur la côte orientale de Madagascar, dans les postes situés entre Diégo et Tamatave, le baromètre remonte de 4 millimètres environ; il reste stationnaire depuis Vatomandry jusqu'à Fort-Dauphin. Dans l'intérieur la pression atmosphérique augmente de 3 millimètres à Mandritsara, de 2 millimètres à Tananarive et de 1 mm. 7 à Fianarantsoa.

La circulation générale des couches aériennes s'est modifiée depuis hier. Au fur et à mesure que la tempête décrit la première partie de sa trajectoire, les vents tourbillonnaires que nous avions signalés hier sur le littoral de Tamatave et d'Andovoranto, finissent par pénétrer dans l'intérieur des terres suivant une direction qui varie de l'Est à l'Est-Nord-Est. Il en résulte, d'une part, un agrandissement de la spirale avec détente de son extrémité vers l'Ouest, d'autre part un angle de convergence d'environ 150° que font plusieurs stations de l'intérieur avec le centre de l'ouragan.

La pluie augmente sur la côte orientale; Diégo observe 10 mm. 1, Maroantsetra 64 mm. 9, Tamatave 23 mm. 2, Anivorano 45 mm. 5, Vatomandry 54 mm. 8, Mahanoro 197 mm. 4, Mananjary 31 millimètres. Dans les hauts plateaux la condensation des nuages est encore plus forte : Mandritsara 15 mm. 9, Tananarive 1 mm. 45, au camp d'Ambohimanatrika 165 mm. 5, Beforona 67 mm. 9, Antsirabé 44 mm. 3, Ambositra 8 mm. 9, Fiana-

rantsoa 13 mm. 3. Sur la côte occidentale, Nosy-Bé reçoit 25 millimètres, Marovoay 45 mm. 9, Maintirano 12 millimètres.

5 *avril.* — Maintirano est l'unique station la plus voisine de la grande dépression; malheureusement le baromètre anéroïde ne fonctionne pas, en sorte qu'il n'est pas possible de savoir exactement à quelle heure le centre a passé au plus près de cette région. Vers 18 heures, le vent avait la direction Est, puis il souffle violemment du Nord; le lendemain il occupe un rhumb diamétralement opposé, c'est-à-dire Sud-Ouest, en comparant la direction du vent à Mozambique avec celle de Maintirano, on peut déduire de ces observations que le centre du cyclone a quitté le littoral occidental, qu'il est entré dans le canal de Mozambique, a passé à l'Ouest de Maintirano, et qu'il va accomplir la deuxième branche de sa trajectoire. On signale, en effet, de Maintirano, une mer agitée, un vent violent qui déracine des arbres et enlève les toitures des postes militaires, une pluie de 89 mm. 5, la température minimum dans la nuit du 5 au 6 tombe à 18°.2 par suite du refroidissement de l'atmosphère, alors que précédemment elle variait de 20 à 23°. Malgré le voisinage de l'ouragan, la crue de la principale rivière de cette région, le Manambaho a été insignifiante, environ 60 centimètres. Cet ensemble de faits, quoique non corroborés par l'observation barométrique, permet pourtant de tirer quelques conclusions; après avoir traversé les arêtes faîtières du versant oriental et franchi le plateau central, les couches atmosphériques qui environnent le tourbillon se sont déjà en majeure partie condensées et refroidies; la vapeur d'eau et le calorique latent, qui se dégagent, deviennent par conséquent de moins en moins intenses depuis que le cyclone gagne la côte occidentale. Ne trouvant pas dans le climat sec de ces régions la force vive capable d'entretenir la raréfaction du centre, la dépression tend nécessairement à se combler.

A Morondava la pluie est très faible : 2 millimètres; à Tulear, elle atteint à peine à 0 mm. 3. Elle est plus forte à Nosy-Bé 49 mm. 5 et à Marovoay 90 mm. 7. Sur le littoral opposé, la condensation rencontre dans l'océan Indien des conditions plus favorables à son développement que les jours précédents; Maroantsetra observe 121 mm. 1, Tamatave 5 mm. 4; Anivorano 44 mm. 5, Vatomandry 32 mm. 8. Le maximum a lieu sur Mahanoro : 247 mm. 8, Mananjary recueille 61 millimètres, Farafangano 26 mm. 5.

Sur les hauts plateaux, diminution de pluie : Mandritsara 4 mm. 1, Fody 22 mm. 4, Beforona 21 millimètres, Farafangana 7 mm. 1.

Pendant cette journée la moyenne du baromètre de Tananarive est sensiblement la même que celle du 3 avril : 647 mm. 83. Le vent a tourné progressivement à l'Est-Nord-Est; sa vitesse diminue 701 km. 500; le ciel se dégage, et, à travers les éclaircies, on aperçoit de nombreux cirrus.

Depuis vingt-quatre heures, la circulation atmosphérique s'est profondément modifiée. L'extrémité de la spirale que forme la direction des vents dans l'intérieur des terres s'ouvre de plus en plus. Le mouvement général des couches aériennes tend à devenir franchement circulaire.

Les alizés du Sud-Est qui occupent le littoral oriental depuis Vatomandry jusqu'à Fort-Dauphin, sont déviés en traversant les hauts plateaux, de leur direction primitive et viennent à leur tour converger vers le centre.

6 *avril.* — Les baromètres de Fort-Dauphin, de Farafangana, de Mananjary et de Fianarantsoa baissent unanimement de 4 millimètres; à Tananarive le barographe atteint son minimum vers 16 heures : 645 mm. 82, pression presque égale à celle du 3 avril. Le vent change rapidement; à partir de 8 heures du matin il passe de l'Est-Nord-Est au Nord-Est et au Nord-Nord-Est; à 10 heures, il est déjà au Nord; a 11 heures au Nord-Ouest; à midi 10 minutes, à l'Ouest-Nord-Ouest; à 14 heures il se fixe à l'Ouest jusqu'au lendemain; sa vitesse diminue : 642 kilomètres en 24 heures. Les stations les plus voisines de la tempête sont : Morondava, Tulear et Ihosy.

Depuis 6 heures du matin jusqu'à 13 heures, l'anéroïde de Morondava reste à 756 millimètres, c'est-à-dire 7 millimètres environ au-dessous de la moyenne. Le vent souffle du Nord à 6 heures; à partir de 13 heures, il tourne au Sud-Ouest; le temps est couvert et pluvieux; on signale 23 millimètres d'eau. A Tulear, la dépression a la même valeur qu'à Morondava; à midi, le vent souffle du Sud-Est, puis de l'Est; la mer est moutonneuse; la pluie donne un total de 15 mm. 5.

Le poste météorologique d'Ihosy indique une légère hausse de son baromètre due probablement à l'anneau de Galton signalé dès le 30 mars; le vent d'Est souffle par rafales; le temps est couvert, pluvieux; 20 millimètres d'eau sont recueillis au pluviomètre. Si nous prenons comme base les observations précédentes, nous constatons que le cyclone exécute la seconde partie de sa trajectoire, qu'il a passé à l'Ouest de Morondava, puis au Sud et au Sud-Est de cette station, qu'il a abordé de nouveau Madagascar et a suivi la vallée du Mangoky en se dirigeant vers Fort-Dauphin sur la côte orientale, enfin qu'il perd rapidement de son énergie.

La circulation aérienne autour du centre peut se résumer ainsi : les vents du Nord-Est que nous signalions, dès le 4, dans la région de Tamatave et d'Andovoranto, descendent progressivement vers le Sud de Madagascar jusqu'à Mananjary, et sur les hauts plateaux jusqu'à Fianarantsoa. Du côté de Majunga, la direction des couches aériennes est parallèle à celle du littoral oriental. La forme générale du vent se rapproche aujourd'hui d'un ellipsoïde. L'influence de la mousson semble donc de plus en plus neutralisée par la rotation des courants autour de la région centrale du cyclone.

Une légère pluie tombe à Maintirano : 5 millimètres; elle augmente à mesure qu'on monte vers le Nord : 14 mm. 4 à Marovoay, 22 millimètres à Nosy-Bé. Dans l'intérieur de l'île, la quantité de pluie diminue : Mandritsara 0 mm. 9, Fody 20 millimètres, Beforona 33 millimètres, Antsirabé 2 mm. 7, Fianarantsoa 13 mm. 5, Ambovombé, situé à l'Ouest de Fort-Dauphin, 18 millimètres. Sur le littoral de l'océan Indien, Tamatave observe 21 mm. 4, Vatomandry 10 mm. 3, Mahanoro 6 mm. 4, Farafangana 68 millimètres.

7 *avril.* — La grande perturbation atmosphérique en traversant le Sud d'Ihosy, vers les 7 heures du matin, provoque une dépression de 9 millimètres; le vent souffle de l'Ouest à midi. Le baromètre d'Ambovombé resta stationnaire depuis 6 heures jusqu'à midi, indiquant la même baisse qu'à Ihosy 9 millimètres; le vent a la

direction Sud-Est; la pluie est considérable : 63 millimètres. Fort-Dauphin signale une baisse brusque de 10 millimètres depuis la veille, toute la nuit le vent avait soufflé du Sud; à 6 heures du matin la pression se trouve à 750 mm. 8, soit 13 millimètres au-dessous de la moyenne. Le calme central dure 2 heures; à 8 heures le vent du Nord devient violent, il s'infléchit vers l'Ouest, puis de nouveau vers le Sud. Sa vitesse a atteint pendant cette journée un total de 1,100 kilomètres, sensiblement la même valeur que l'on avait notée à Diégo, le 1er avril, au début du cyclone. La baromètre de Tananarive n'a pas changé depuis la veille le vent souffle fortement de l'Ouest-Nord-Ouest; sa vitesse égale 1,020 kilomètres 500 mètres, soit 119 kilomètres de moins qu'à Fort-Dauphin. Les cirrus ont entièrement disparu des hautes régions de l'atmosphère.

On signale quelques gouttes de pluie à Farafangana : 0 mm. 5, Tulear 0 mm. 8, Morondava 1 millimètre, Maintirano 5 millimètres, Antsirabé 1 mm. 5. Si l'on pointe sur une carte la direction des vents qui circulent aujourd'hui sur Madagascar, on remarque une convergence des couches aériennes vers Fort-Dauphin. La forme des courants atmosphériques est elliptique et présente un circuit à peu près complet lorsque le cyclone rejoint l'Océan Indien et quitte définitivement la grande île.

III. *Conclusions.* — Résumons la marche et les traits caractéristiques de ce cyclone. Madagascar a subi pendant sept jours consécutifs l'action de la tempête; dans la première branche de sa parabole, l'ouragan a traversé une zone de 720 kilomètres de longueur dirigée du Nord-Est au Sud-Ouest; ensuite, il a tracé une courbe de 480 kilomètres environ dans le canal de Mozambique; il est enfin rentré dans l'intérieur des terres, lorsqu'il parcourait la deuxième branche de sa parabole sur une longueur approximative de 540 kilomètres.

Au total la longueur de sa trajectoire à travers l'île, égalerait 1,740 kilomètres. Sa vitesse moyenne de translation était faible, un peu plus de 10 kilomètres; la vitesse des couches aériennes a été plus grande sur le bord dangereux que sur le bord maniable.

La circulation du vent autour du centre s'est produite suivant une immense spirale s'agrandissant progressivement depuis le commencement jusqu'à la fin de cette période cyclonique, en sorte que, dans les stations les plus voisines de la tempête, le vent avait une direction conforme à la loi de Buys Ballot, tandis que, pendant plusieurs jours les stations de l'intérieur et du Sud-Est de Madagascar, influencées par l'alizé, n'étaient pas soumises à cette loi.

Ce fait permet de conclure que l'alizé, établi dans une région tropicale, est de nature à modifier profondément la circulation des vents autour d'un cyclone.

c) Ouragan du 24 au 28 novembre 1912. — Tracer sur une carte la trajectoire qu'a parcourue le cyclone pendant la journée du 24 novembre à travers l'Océan Indien, n'est pas chose aisée. Il s'agit, en effet, d'un tourbillon de faible diamètre n'ayant causé aucun ravage sur Vohémar et à peine ressenti vers Antalaha. Il aurait donc fallu, en raison de sa zone étroite d'action, un certain nombre de stations météorologiques échelonnées sur sa route pour préciser sa position, surveiller sa marche et enregistrer ses effets. Or, le champ des observations est des plus restreints; nous ne disposons que de trois postes; d'eux d'entre eux ont l'avantage d'être fixes : Diégo-Suarez et Vohémar; le troisième a l'inconvénient d'être mobile et n'est autre que le paquebot *Salazie* dont nous aurons à déplorer le naufrage pendant son trajet de Diégo-Suarez à Tamatave. Nosy-Bé, quoique sur la liste des stations de prévisions du temps, ne nous fournit malheureusement plus, depuis trois années, le moindre renseignement. Cette pénurie de documents se complique encore de la difficulté inhérente à l'utilisation d'un poste mobile. La position géographique du paquebot déterminée heure par heure non au moyen d'observations astronomiques, mais suivant la méthode classique de l'estime, comporte une approximation qui, dans les circonstances actuelles, atteint plusieurs milles. Dès lors les isobares, le gradient qui ont pour point de départ ces coordonnées, sont forcément entachées de l'erreur de position.

Troisième difficulté spéciale au phénomène lui-même. Autour de la partie extérieure de l'ouragan la direction du vent suit une marche anormale; au lieu de tangenter l'isobare et de souffler sensiblement à angle droit avec le centre, les courants aériens ont une direction perpendiculaire à la courbe; ils convergent vers la région de la plus basse pression comme pour en combler le vide. Seul le vent qui avoisine le calme central indique très approximativement sa position. Par suite de cette exception à la règle générale et de l'éloignement des trois stations météorologiques relativement au centre, nous ne pouvons guère utiliser la loi des tempêtes, sauf lorsque l'un des postes aura la mauvaise fortune de se trouver au voisinage de la zone interne de l'ouragan, ou bien, lorsque dès 7 heures du soir le calme central traversera les régions nord de la grande Ile.

Malgré l'insuffisance de ces éléments d'étude plutôt défavorables, nous allons pourtant essayer de reconstituer la trajectoire du tourbillon durant les journées des 24 au 28 novembre. Indiquons le procédé employé en pareille circonstance.

Tracé oriental de la trajectoire. — En premier lieu, déterminons sur la carte les régions de Madagascar où le calme central a été dûment constaté par des témoins dignes de foi. Nous devrons ensuite, pour orienter nos recherches, analyser les mouvements des trois baromètres, comparer leurs hauteurs heure par heure, dégager les conclusions tout en tenant compte des renseignements fournis par les observateurs. Il faudra encore mettre à profit, avec réserve toutefois, les coordonnées approximatives du *Salazie* et recourir enfin aux isobares. Tous ces éléments combinés nous donneront et la trajectoire certaine du cyclone et son prolongement probable dans les deux directions Nord-Est et Sud-Ouest. Suivons heure par heure tous les détails de ce tracé en commençant par la partie orientale.

Les nombreuses observations barométriques de Vohémar indiquent la même pression, 754 millimètres, depuis 11 heures jusqu'à 18 heures. Or, le cyclone ayant abordé une heure plus tard dans la baie de Rigny, il est permis de conclure que son centre a décrit du Nord-Est au Nord-Ouest, par rapport à Vohémar, un arc de cercle qu'intercepte la baie elle-même.

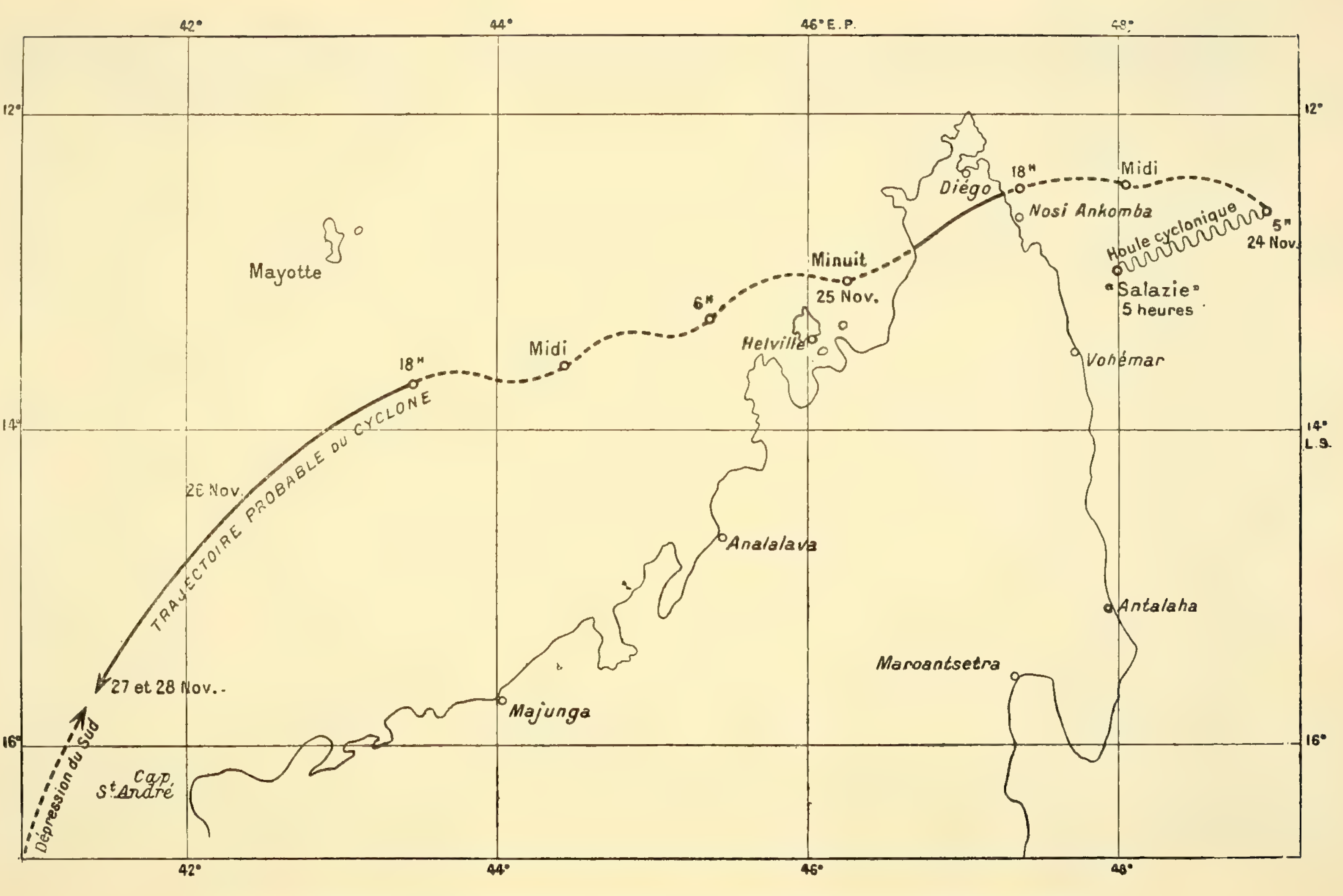


Fig. 58. — Cyclone du 24 au 28 novembre 1912 dans le Nord de Madagascar. — Échelle du 1 : 3.500.000e.

Avec les éléments météorologiques dont nous disposons, il est facile de déterminer un secteur. Il suffit pour cela d'unir la région d'atterrissage du calme central par une droite aboutissant à Vohémar, nous avons ainsi un premier côté; voici comment nous déterminerons le second. Vohémar et Diégo ont une pression identique à 11 heures, ce qui peut être assimilé en statique à deux forces concourantes et égales; à partir des deux stations prises comme centre, décrivons avec un rayon égal à 115 kilomètres deux portions d'arc qui couperont le grand cercle; il ne reste plus qu'à tirer de ce point d'intersection une deuxième droite sur Vohémar. La courbe de ce secteur constitue une partie de la trajectoire traversée par le météore pendant 7 heures consécutives, à savoir de 11 heures du matin à 19 heures. Pour avoir les intervalles horaires, on n'a qu'à tracer sur l'arc de cercle huit divisions égales.

Ce procédé indirect ne donne, il est vrai, qu'une précision relative, mais suffisante pour une étude cyclonomique. Nous obtenons de cette manière une vitesse moyenne de translation de 12 kilomètres à l'heure. Ce premier tronçon de trajectoire établi, portons nos recherches sur les six heures précédentes, de 23 heures à 5 heures

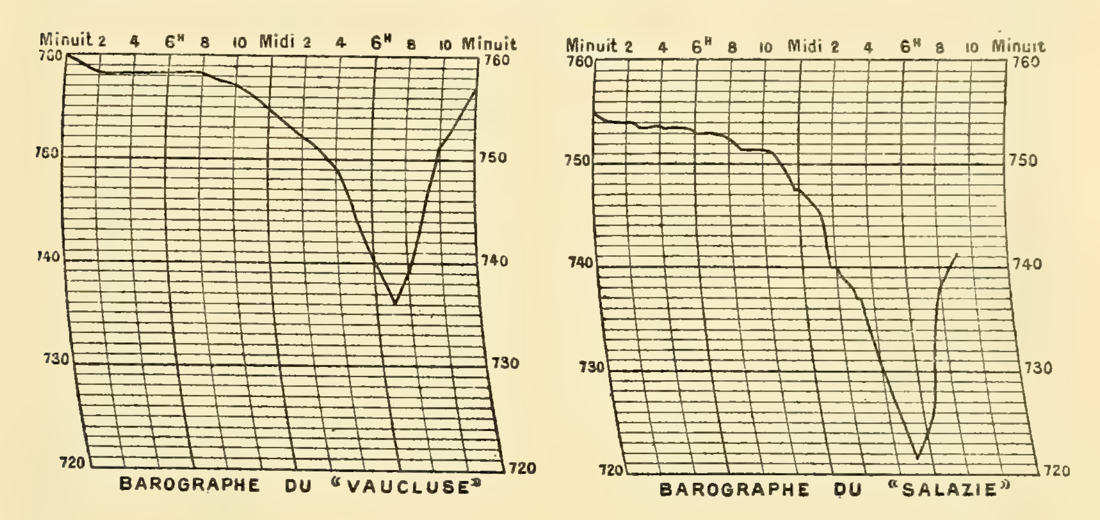


Fig. 59. — Cyclone du 24 au 28 novembre 1912 dans le Nord de Madagascar.

du matin. Le paquebot *Salazie* rencontre à 5 heures la houle dite cyclonique, phénomène caractéristique qui accompagne le météore dans son mouvement de translation, par sa direction, indique généralement la position du centre.

Le navire se trouve à ce moment-là, approximativement, par 48° de longitude Est de Paris et 12° 52′ de latitude Sud, d'après la méthode de l'estime; sa pression barométrique égale 754 millimètres; ce qui correspond à la longueur du rayon que nous avons utilisé tout à l'heure pour Vohémar-Diégo-Suarez. Transportons cette même longueur sur la direction de la houle cyclonique à partir du point présumé et nous déterminons à peu près la zone centrale de la bourrasque qui évolue à 115 kilomètres Est-Nord-Est du paquebot. L'erreur commise dépend et de la position du navire et des effets de la pression supposée constante entre 5 et 11 heures.

Ce premier point de repère fixé, tâchons, par l'analyse des mouvements des divers baromètres, de connaître la forme de la trajectoire durant cet intervalle de temps. L'instrument de Vohémar indique une pression constante de 5 heures à 8 heures; 756 millimètres. La tempête décrit donc, par rapport à ce point fixé, une portion d'arc de cercle. Le barographe du *Salazie* reste aussi stationnaire de 5 heures à 8 heures; la vitesse du bateau a été ralentie à cause de la violence des vagues, du courant et du vent; en conséquence même conclusion que pour Vohémar. Le barographe du *Vaucluse*, à Diégo-Suarez, baisse très légèrement jusqu'à 8 heures; la dépression se dirigerait de ce côté. On comprend qu'à la distance de 220 kilomètres, l'instrument soit peu influencé pendant ces trois heures. D'après ces données le centre de l'ouragan semblerait remonter vers l'Ouest-Nord-Ouest et s'éloigner momentanément de Vohémar et du *Salazie*. La pression diminue rapidement et partout à partir de 9 heures, signe certain que le tourbillon se rapproche des trois stations; à 10 heures, baisse lente sur Diégo et Vohémar, très accentuée sur le *Salazie*. En résumé de 5 heures à 11 heures, la trajectoire décrit une courbe sinueuse, ascendante jusqu'à 8 heures, descendante jusqu'à 11 heures, moment où elle rejoint l'arc de cercle déjà tracé; sa vitesse de translation égalerait environ 15 kilomètres à l'heure.

Remarques des observateurs, conclusions personnelles. — Maintenant que nous connaissons avec assez de probabilités une partie de la trajectoire exécutée par le cyclone dans la journée du 24, depuis 5 heures du matin jusqu'à 22 heures, il nous faut revenir en arrière pour recueillir les éléments d'informations fournis par les observateurs et tâcher d'en dégager les conclusions probables.

A partir de minuit du 24, la pression barométrique est nettement inférieure à la moyenne mensuelle qui,

sous ces latitudes, égale 759 millimètres. Cette particularité jointe à d'autres signes précurseurs signalés à Diégo-Suarez, tels que : grande houle insolite d'Est-Nord-Est, cirrus chassant de cette même direction, nimbus prenant au coucher du soleil la teinte caractéristique rouge cuivre, la pluie accompagnée de grains, présagent avec certitude la présence d'une dépression dans le Nord-Est de Madagascar. On pourrait y ajouter après coup, il est vrai, les indications peu rassurantes prises du tracé des isobares. Le baromètre du *Salazie* marquait 756 millimètres; celui de Diégo 757 millimètres; on observe 758 millimètres à Vohémar; ces trois valeurs réduites en courbes sont espacées d'une quarantaine de kilomètres seulement, alors qu'en temps normal elles se distancent de plusieurs centaines de kilomètres. Des prévisions aussi certaines de mauvais temps imposent au navigateur qui se dirige vers les parages où se déchaîne la tempête la plus grande circonspection; à la première menace des éléments, il doit battre en retraite.

A 4 heures du matin, la courbe de 757 millimètres déjà signalée sur Diégo-Suarez apparaît du côté de Vohémar. Par conséquent l'isobare de 756 millimètres qui passait quelques heures auparavant sur le paquebot est refoulée vers le Sud-Est et devient intermédiaire. En prenant pour base la vitesse et direction qu'ont prises les trois courbes, il résulterait que le centre du tourbillon s'avance avec une vitesse égale à celle du *Salazie*, environ 15 kilomètres à l'heure, chiffre approximatif, mais précisément celui même que nous avons obtenu plus haut dans le tracé du premier tronçon de la trajectoire entre 5 et 11 heures.

Le phénomène précurseur de l'ouragan, la houle cyclonique était observée le 23 à la Réunion, le 24 à l'île Maurice. M. Bertho, capitaine du port de la Pointe des Galets, excellent météorologiste, et les journaux de Port-Louis annonçaient un cyclone au loin, vers le Nord de Madagascar.

Dès 6 heures les trois isobares se resserrent à la distance de 20 kilomètres les unes des autres, indice de mauvais augure. A 9 heures nous relevons entre le *Salazie* et Vohémar quatre isobares, de 753 millimètres à 756 millimètres, espacées chacune de 10 kilomètres. La situation atmosphérique s'aggrave sans être encore désespérée.

Le vent souffle du Sud à Vohémar et sur le *Salazie*; ce dernier mentionne une vitesse de 22 mètres à la seconde. Des vagues énormes déferlent sur le navire qui occupe le demi-cercle dangereux de l'ouragan.

Le commandant envisage deux solutions : ou fuir vers le Nord, route aléatoire qui pouvait le conduire vers le centre, ou bien, ce à quoi il se décide, subir la tempête sur place. Les documents recueillis autour de cette étude indiquent un troisième parti à prendre, sûr et facile : fuir vers le Sud-Ouest, à condition toutefois de se tenir vers le large; Vohémar distant d'environ 60 kilomètres présentait une issue certaine; le baromètre, comme nous l'avons déjà constaté, avait sur cette limite de l'air cyclonique une hauteur bien supérieure. Antalaha situé à 200 kilomètres Sud observait même 760 millimètres.

Avant d'énumérer les grandes différences de pression entre Vohémar, Diégo et le *Salazie*, rappelons en quelques mots la relation étroite qui existe entre la force du vent et le gradient ou pente des isobares. On sait qu'en topographie, plus les couches de niveau se resserrent autour d'une montagne ou sur les flancs d'une vallée profonde, plus la pente du terrain devient escarpée. Il en est de même en cyclonomie; plus la valeur du gradient augmente, plus grande est la vitesse et la pression du vent. Au contraire quand sa valeur diminue, on ne ressent qu'une légère brise. En Europe, dès que le gradient atteint 0 mm. 3 par lieue géographique de 5,550 mètres ou 4 millimètres par degré, déjà le vent souffle en tempête. Par ce terme de comparaison, on jugera facilement de la violence exceptionnelle du cyclone.

A partir de 11 heures, la paquebot impuissant à lutter contre les éléments (feux éteints, hélice immobilisée) devient une épave que les rafales de vent rejettent vers le centre de l'ouragan.

On compte à midi entre Vohémar et le *Salazie* 7 isobares de 1 millimètre chacune; 13 heures, 10; 14 heures, 13; 15 heures, 17; 16 heures, 22; 17 heures, 26. A ce moment la violence du vent donne son maximum jusque vers 22 heures, soit sur le navire, soit à Diégo-Suarez. Sur le navire, le gradient atteint 1 millimètre 5 par lieue géographique, valeur cinq fois plus forte que les gradients d'Europe. Le minimum barométrique descend à 721 millimètres vers 5 heures 50 minutes; soit 38 millimètres au-dessous de la moyenne mensuelle, 33 millimètres de différence de pression avec Vohémar. Le gradient monte à 2 millimètres environ par lieue ce qui suppose un vent de 46 à 60 mètres de vitesse par seconde, ou de 166 à 180 kilomètres à l'heure, et une pression qu'on peut évaluer à plus de 300 kilogrammes par mètre carré, poussée formidable qui s'exerce sur les flancs du navire et augmente la vitesse de sa dérive. Depuis 14 heures, le vent a la direction Est et forme un angle de convergence de 130° avec le centre.

Le paquebot au moment du minimum, devait, selon nous, se trouver à une vingtaine de kilomètres Sud-Est de la zone centrale. A 18 heures, le baromètre remonte à 725 millimètres.

Diégo-Suarez, situé sur le bord maniable, observe en ce moment 739 millimètres; 14 millimètres de différence avec le *Salazie*, ce qui donnerait un gradient de 1.2 millimètre, valeur plus faible que sur le bord dangereux. La violence des rafales est telle qu'elle tord même des poteaux télégraphiques métalliques.

On sait que dès 20 heures 30 minutes, le *Salazie* échouait sur la bande des récifs de Nosy-Ankomba; les passagers et l'équipage étaient sains et saufs; mais on avait à déplorer une perte douloureuse, celle du premier lieutenant du bord enlevé par une lame pendant qu'il jetait à la mer une ancre flottante.

Suivant des renseignements certains, le passage du calme central dans la baie de Rigny aurait duré 1 heure. A 19 heures 30 minutes, le barographe de Diégo-Suarez indiquait un minimum de 732.5 millimètres, ce qui suppose 26.5 millimètres de différence avec la moyenne mensuelle; sa distance par rapport au centre peut être évaluée à 30 kilomètres Sud-Sud-Est. Le vent souffle de l'Ouest-Nord-Ouest et forme un angle de convergence de 130° à 140° avec la partie interne du tourbillon. Le calme central passe au Nord du village de Tsaharena, ensuite sur le Camp d'Ambre pendant quarante-cinq minutes. La tempête traverse la région Nord de Madagascar de 19 heures à 22 heures, suivant une diagonale de 70 kilomètres de longueur et avec une vitesse moyenne de translation de 23 kilomètres à l'heure.

Entre 21 heures et 22 heures des orages éclatent sur Diégo-Suarez et Vohémar, à l'arrière de la dépression. Dès 16 heures 50 minutes, l'observatoire de Tananarive avait prévenu du danger le Gouvernement général de la colonie; celui-ci donne immédiatement des ordres pour avertir Diégo-Suarez. M. le lieutenant Guérin, chargé de la T. S. F. à Madagascar, lance de Majunga, dès 20 heures, des radiotélégrammes afin d'annoncer à Diégo-Suarez le passage du cyclone; mais l'antenne du poste avait été jetée à terre, et le message ne put parvenir à destination. Même insuccès sur les lignes télégraphiques interrompues. Seuls, quelques navires étrangers qui naviguaient dans le canal de Mozambique et étaient munis d'appareils de T. S. F. purent recevoir le radiogramme d'avertissement. Le lieutenant écoutant au téléphone du poste, de 20 à 22 heures, entendait distinctement les décharges des éclairs, les bruits parasites nombreux.

Tracé occidental de la trajectoire. — Continuons le tracé occidental de la trajectoire un instant interrompu

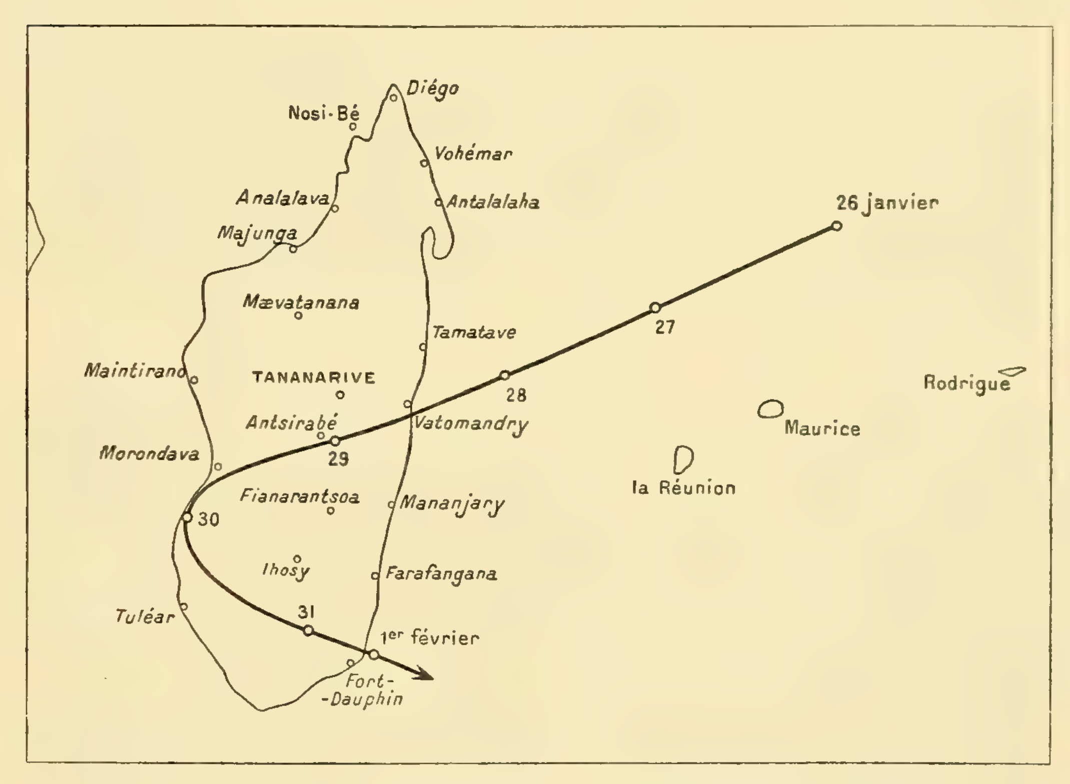


Fig. 60. — Cyclone du 26 janvier-1er février 1893, d'après Maurice et Madagascar.

sur les bords du canal de Mozambique. Les postes météorologiques d'Analalava, Majunga, Mozambique, Béïra et Lourenço-Marques vont désormais faciliter notre tâche.

L'ouragan atteint le Nord de Nosy-Bé, vers 1 heure du matin, le 25; il passe à 45 kilomètres Nord de l'île et franchit cette distance de 47 kilomètres en trois heures. La vitesse de translation est la même qu'entre 19 heures et 22 heures de la veille. On note à Hellville le minimum de pression 740 millimètres; 19 millimètres au-dessous de la moyenne mensuelle sous cette latitude. Le baromètre d'Analalava indique 752 millimètres à 7 heures du matin; le tourbillon peu ressenti en ce point, semble se trouver à 160 kilomètres Nord-Nord-Ouest sur le 45e degré de longitude; il aurait parcouru en diagonale depuis Nosy-Bé un degré de longitude, ce qui donne une vitesse de 18 à 19 kilomètres à l'heure. Majunga observe à midi une pression plus élevée : 753 millimètres. La trajectoire dévie légèrement vers le Sud-Sud-Ouest; elle passe à 239 kilomètres Nord de ce poste météorologique, non loin du 44e méridien de longitude. La tempête se déchaîne vers 18 heures à 130 kilomètres Sud de Mayotte; elle renverse aussi l'antenne du poste de la T. S. F. et exerce dans l'île des ravages peu importants. Son mouvement de translation n'a guère varié durant cette journée.

Fin du cyclone. — Signalons maintenant un phénomène météorologique assez extraordinaire qui se produisit le 24 à l'observatoire portuguais de Lourenço-Marques, situé dans la colonie de Mozambique sur le même parallèle que le Cap Sainte-Marie, extrémité Sud de Madagascar. La pression barométrique accusait le matin 761 millimètres et dans la soirée tombait à 746.2 millimètres; soit 14.8 millimètres de différence. La température s'éleva à 44°.4, maximum qu'on n'avait jamais observé jusqu'alors, puis, à 15 heures 30 minutes, descendit

brusquement de 15° en un quart d'heure. Le vent avait la direction Sud avec une vitesse de 52 kilomètres à l'heure. Cette vague de chaleur et de basse pression, absolument distincte de notre cyclone, provenait du Sud de l'Afrique et remontait vers le Nord; elle provoque une légère baisse barométrique du côté de Tulear.

Le lendemain 25, l'observatoire de Beïra, situé à 20° de latitude Sud, sur la côte orientale de l'Afrique, relève une pression minimum de 740.86 millimètres; 10 millimètres au-dessous de la moyenne avec oscillation de 6 millimètres pendant la journée. La température s'élève à 40°.3; le minimum descend à 24°. Le vent avait la même direction qu'à Lourenço-Marques; toutefois sa vitesse horaire était moindre : 21 kilomètres. Morondava situé sur le même parallèle ressent l'influence de la dépression; le baromètre baisse légèrement.

Durant la journée du 26, Beïra signale d'une part le vent Sud-Sud-Est et une hausse barométrique de 8 millimètres. D'autre part, la colonne mercurielle remonte de 3 millimètres à Majunga et de 2 millimètres à Mozambique. Le cyclone laissé au Sud de Mayotte s'infléchit. Par suite de cette déviation, son mouvement de translation subit un retard accentué durant 24 heures.

Le 27, une baisse barométrique se manifeste simultanément sur Mozambique 756 millimètres et sur Majunga 754 millimètres; elle persiste jusqu'au lendemain 28. Le vent souffle avec intensité du Nord; la mer grossit. Selon toute probabilité, les deux dépressions marchant à la rencontre l'une de l'autre ont opéré leur jonction vers le milieu du canal de Mozambique; après une lutte suprême de leurs éléments pendant deux journées, elles se sont mutuellement comblées. Désormais le baromètre remonte; le temps redevient beau.

Résumons les traits caractéristiques de ce cyclone : 1° Enserré vers le Sud par une aire de hautes pressions qui l'empêchaient de se développer, il avait un faible diamètre, mais un mouvement tourbillonnaire très accentué qui le rendait encore plus violent; 2° La direction du vent à l'extérieur était anormale et contraire à la loi des tempêtes; 3° Le vent avait une intensité plus considérable sur le bord plus dangereux que sur le bord maniable; 4° Son mouvement horaire de translation a varié de 12 à 15 kilomètres, pendant la journée, de 23 à 24 kilomètres pendant la nuit du 24 au 25 novembre, et de 18 à 19 kilomètres le 26; 5° Sa trajectoire avait la forme d'une parabole partiellement sinueuse; 6° Ce phénomène s'est manifesté pendant un mois où les cyclones sont peu fréquents à Madagascar.

CYCLONES DU TYPE III

a) Ouragan du 26 janvier au 1er février 1893. — Si, dans les climats tropicaux la nature nous favorise d'un printemps presque perpétuel et de journées merveilleuses, parfois aussi ces forces endormies se réveillent, et alors, nous assistons impuissants à d'effroyables scènes de désastres et de dévastations; phénomènes rares, il est vrai, féconds toutefois en enseignements scientifiques qu'il importe de signaler et d'étudier en détail. Les documents sur lesquels repose ce travail ont été puisés, d'une part, dans les bulletins météorologiques de l'observatoire de Maurice, ensuite dans nos postes de Tananarive, Tamatave, Fianarantsoa, Nosy-Vé et Fort-Dauphin; d'autre part, à Vatomandry, MM. Allard ont relevé avec une infatigable persévérance d'heure en heure, de minute en minute, les hauteurs barométriques, la direction et la force du vent, enfin les diverses phases de la tourmente.

Avec des données d'une telle précision, il a été facile de tracer sur la carte les positions successives du centre, de suivre jour par jour ses modifications, pendant que le météore exécutait son mouvement de translation à Madagascar.

Les signes précurseurs de l'ouragan apparaissent dès le 23 janvier.

Des bandes de cirro-nimbus? et cirro-stratus flottaient dans les régions élevées de l'atmosphère, animés d'une vitesse insolite. Au coucher du soleil, les nimbus se coloraient en teinte rouge cuivre, d'abord à l'Est, ensuite à l'Ouest. La marche anormale du baromètre présageait aussi l'arrivée d'une profonde perturbation. En effet, la période du 22 janvier au 1er février présente deux variations barométriques opposées; du 23 au 25, régime de hautes pressions; du 26 au 1er février, régime de basses pressions. L'on croirait avoir sous les yeux le spectacle d'une vague aérienne élevée qui s'effondre ensuite dans un abîme.

Dès le 26, Maurice indique une baisse barométrique anormale 756 mm. 1, par vent Est-Sud-Est; le centre de ce cyclone évoluerait dans l'Océan Indien à l'Est-Nord-Est de cette île. Le lendemain 27, la pression continue à décroître : 754 mm. 3 : le vent tourne de l'Est au Nord-Est. La tempête se déplaçant vers le Nord de cette station poursuit sa route vers le Sud-Ouest, par conséquent du côté de Madagascar. La position géographique du centre peut être fixée en prenant comme base la direction du vent à Maurice et à Tananarive; d'après la loi de Buys Ballot, le tourbillon serait distant de 370 kilomètres Nord-Ouest de Maurice.

Le 28, à 6 heures du matin, la baisse barométrique s'accentue à Tamatave : 748 mm. 24, par vent Sud fort; Vatomandry relève 753 mm. 4, vent ayant la même direction; Tananarive, pression réduite au niveau de la mer 753 mm. 8, donc, même isobare qu'à Vatomandry; ici, le vent souffle assez fort de l'Ouest-Sud-Ouest; sa vitesse fournit une moyenne de 27 kilomètres à l'heure

L'ouragan se rapproche de Tamatave. A 9 heures, toute trace de maximum barométrique diurne disparaît, symptôme très alarmant; raz de marée à Vatomandry; baromètre 750 mm. 6, vent constant du Sud, Tananarive, pression 753 mm. 9; la vitesse des couches aériennes diminue momentanément : 21 kilomètres à l'heure.

12 *heures*. — Le baromètre de Vatomandry baisse avec rapidité : 748 mm. 2, valeur observée la veille à Tamatave; Tananarive 752 mm. 3. Entre ces deux stations distantes de 170 kilomètres, le gradient égale 2 mm. 4 par degré géographique. Le cyclone dévie légèrement vers le Sud-Ouest et se trouve à 250 kilomètres Nord-Est de Vatomandry; le vent Sud y souffle en rafales. A 14 heures le gradient monte à 3 mm. 6; à 15 heures 4 mm. 2; la tempête se déchaîne avec fureur. L'anémomètre de Tananarive enregistre une vitesse horaire de 40 km. 600 m.; à 16 heures, gradient de 6 millimètres; 17 heures, 8 mm. 4; 18 heures, 10 mm. 2. La vitesse horaire

du courant aérien augmente à l'observatoire : 59 kilomètres; 18 heures 30 minutes, gradient de 12 millimètres; le vent à Vatomandry rallie le Sud-Ouest; 19 heures, gradient de 14 mm. 4; 20 heures, passage du calme central sur la station; baromètre 720 mm. 7, valeur qui correspond à 33 millimètres au-dessous de la normale; le gradient atteint à ce moment 17 mm. 3, résultat quatre fois supérieur aux grandes tempêtes d'Europe. Le calme dure 1 heure 22 minutes, depuis 20 heures jusqu'à 21 heures 22 minutes; puis vent contraire de Nord-Est. Dès 20 heures 45 minutes, le baromètre remonte de 1 millimètre; à 22 heures, 726 mm. 7; le gradient diminue rapidement : 11 mm. 4; à 23 heures, bien que ce dernier élément mesure une valeur moitié moindre qu'à 20 heures, 8 millimètres, néanmoins, les rafales acquièrent alors leur maximum d'intensité jusqu'à minuit. Cette circonstance s'explique aisément; la zone centrale ayant pénétré dans l'intérieur de l'île suivant une trajectoire dirigée de Nord-Est à Sud-Ouest, les deux vitesses de translation et de rotation du météore ont la même direction et s'ajoutent; elles constituent la portion du cyclone appelée par les marins hémicycle dangereux; le vent exerce à cette période une violence inouïe.

Dès minuit, les rafales deviennent moins fortes et plus espacées; le baromètre marque 735 millimètres. Le vent faiblit; à 5 heures, brise modérée; pression 749 mm. 7; pluie abondante.

Quel effrayant spectacle apparaît aux premières heures du jour.

De tous côtés, ravages et désolations. La relation météorologique de MM. Allard se termine par ces angoissantes constatations. « Vatomandry n'est plus qu'un amas de ruines, au milieu desquelles se lamente une population sans ressources; au village de Maintinandry, distant de 11 kilomètres Sud, la rivière débordée a balayé 240 maisons. »

Étudions maintenant les effets de l'ouragan, qui, pendant cette même nuit du 28 au 29, sévit sur les hauts plateaux de Madagascar, vers le Sud-Est et le Sud de Tananarive. A l'Observatoire depuis 20 heures (exactement au passage du calme central à Vatomandry) jusqu'à 5 heures du lendemain la colonne mercurielle affolée à chaque rafale, baisse, puis monte de 1 à 2 millimètres; en même temps que la raréfaction se produit, portes et fenêtres éprouvent une poussée très sensible de l'intérieur à l'extérieur; au moment où la tempête mugit au dehors, où la pluie horizontale fouette les obstacles, un mouvement inverse s'opère de l'extérieur à l'intérieur.

Sous cette pression alternative de 13 à 26 kilogrammes par mètre carré, l'encadrement, la boiserie des fenêtres ploie d'une façon alarmante et fait entendre de sinistres craquements. Comme à Vatomandry, les bourrasques les plus violentes ont lieu à 23 heures, à minuit 5, 10 et 36 minutes; à 22 heures 15 minutes, le vent passe de l'Ouest-Sud-Ouest à l'Ouest et souffle en tempête; minuit 39 minutes, il tourne à l'Ouest-Nord-Ouest; 3 heures 13 minutes, au Nord-Ouest; le minimum de pression survient à 3 heures 15 minutes, 629 mm. 82 (lecture non réduite au niveau de la mer), variation de 18 mm. 18 inférieure à la normale. Le tracé du barographe démesurément agrandi par les oscillations de la plume indique une vitesse de translation assez lente de la zone centrale située à 150 kilomètres Sud de Tananarive. Le baromètre reste stationnaire prendant près d'une heure (durée sensiblement égale à celle de Vatomandry). Dès 3 heures 19 minutes, il remonte : 630 mm. 62; 4 heures, 631 mm. 85; 5 heures, 634 mm. 05; 6 heures, 635 mm. 25; 7 heures, 636 mm. 95, vent Nord-Nord-Ouest; sa vitesse non relevée au cadran de l'anémomètre depuis la veille à 18 heures, donnerait une moyenne approximative de 90 kilomètres à l'heure. Le total de la pluie tombée, 75 mm. 40 est relativement faible et ajouterons-nous peu exact, car les gouttes d'eau chassées horizontalement par le vent ne pénètrent pas dans l'entonnoir du pluviomètre; celles qui tombent verticalement sont seules enregistrées.

D'après la direction des courants aériens à Tananarive, Fianarantsoa et Vatomandry, le cyclone poursuivrait sa marche vers le littoral occidental, du côté de Morondava, région dépourvue de station météorologique. Le poste de Nosy-Vé situé vers le Sud suppléera à cette lacune dans la mesure du possible.

Le 29 à 9 heures, le baromètre anéroïde de Nosy-Vé descendait de 4 millimètres au-dessous de la moyenne mensuelle : 762 mm. 2; la température était très élevée, 33° avec vent d'Est faible et mer agitée; ces quelques données permettent de déterminer la position du cyclone. Il s'infléchirait avec lenteur et suivrait la courbure du littoral occidental vers le cap Saint-Vincent. A 16 heures, le baromètre baisse de 8 mm. 758.0.

La température monte à 36°.2; le thermomètre humide du psychromètre marque 27°.4, ce qui suppose une faible humidité relative de 48 p. 100, sécheresse rare en temps cyclonique. Le thermomètre maxima enregistre 39°.4; on signale un vent d'Est brûlant. Le 30, à 6 heures, le baromètre 758 millimètres; 9 heures, 756 mm. 5; le vent conserve la même direction; 10 heures : 755 mm. 5; 12 heures : 754 mm. 1; 14 heures : 753 mm. 8; 14 heures 14 minutes et 16 heures : 753 mm. 4; minimum de 13 mm. 2 au-dessous de la normale; durée du passage de la zone centrale 1 h. 46 m.; pluie de 10 millimètres; 18 h. 45 m. : 753 mm. 5; 21 heures : 753 mm. 6. La dépression se fait sentir même à Fort-Dauphin sur la côte orientale; le baromètre enregistre 755 millimètres avec vent Est-Nord-Est un peu fort; dans la journée du 31, l'ouragan effectue la deuxième branche de sa parabole et se dirige vers Fort-Dauphin. Son mouvement de translation dans la région Sud de Madagascar se ralentit sensiblement; en outre, il a déjà perdu une grande partie de son intensité primitive et est en voie de dislocation. Le 1er févrirer à 16 heures, la pression minimum à Fort-Dauphin est de 747 mm. 5, par forte brise Nord-Est, mais ne causant aucun dégât; puis le vent s'apaise; le baromètre remonte; le ciel enfin s'éclaircit. En résumé, ce cyclone est caractérisé : 1° par une baisse barométrique rapide et considérable de 33 millimètres, par un gradient de 17 mm. 3, à Vatomandry; 2° avec un gradient moitié moindre 8 mm. 4 le vent a acquis sa plus grande violence; par conséquent sa force et sa vitesse n'augmentent pas toujours proportionnellement à la valeur élevée du gradient; 3° le météore a commencé à perdre ses énergies dans l'intérieur de l'île, probablement sous les effets combinés de l'altitude, du frottement de ses molécules et de son extension; la baisse à Tananarive égale 18 millimètres, à Fianarantsoa 11 millimètres; 4° pendant qu'il exécute la deuxième branche de sa trajectoire, il ne trouve pas dans la région traversée l'humidité nécessaire

à sa persistance; dans des conditions si défavorables, sa puissance destructive s'amoindrit profondément; à son passage à Tulear, il présente un minimum de 13 millimètres, et 11 millimètres seulement lorsqu'il rejoint l'Océan Indien au Nord de Fort-Dauphin.

Pareil à toute créature finie, contenant dans son essence même les germes de sa propre destruction, l'ouragan après avoir semé trois jours durant l'épouvante, les désastres et les deuils sur son passage, après avoir consumé ses énergies vitales, se réduit finalement en une légère et folle brise qui épanche, exhale sur le grain de sable ou la molécule d'eau, son suprême, son impuissant effort.

b) Ouragan du 22 au 24 mars 1903 (voir figure 61). — *Les signes précurseurs du cyclone* : 21 *mars*. — *A Tananarive*. — Durant toute la journée, de nombreux cirrus, cirro-cumulus, cirro-stratus et alto-cumulus apparaissent dans les hautes régions de l'atmosphère. Le baromètre accuse une baisse de 4 millimètres au-dessous de la moyenne annuelle. Le vent, qui avait soufflé de l'Est et du Sud-Est, tourne au Sud-Sud-Ouest à 9 heures du soir. Un orage signalé dans la région Nord-Est de Tananarive, à 13 heures, atteint la capitale pendant la nuit.

A Vatomandry. — Mer très agitée. Dans la matinée, le baromètre indique 754 millimètres; à 6 heures du soir, 751 millimètres; à 9 heures, 749 millimètres. La variation égale donc 13 millimètres au-dessous de la normale. Toute la journée, un vent fort se maintient dans la direction Sud-Est; cette observation prouve que le centre du cyclone se trouve au Nord-Est de la station.

A Tamatave. — Mer forte; grains; commencement de raz de marée. Le baromètre, à 7 heures du matin, est 759 millimètres, et à 21 heures, à 755 millimètres. La variation égale — 7 millimètres. Dans la soirée le vent souffle avec violence du Sud-Sud-Ouest; le centre de la tempête se dirige, par conséquent vers l'Est-Sud-Est de Tamatave. En résumé, des observations faites dans ces trois postes météorologiques, il ressort clairement, par la baisse progressive du baromètre et par les signes de l'atmosphère, que la tempête signale sa présence dès le 21, trente-trois heures avant d'atteindre Madagascar, comme vont l'attester les faits suivants :

Le cyclone : 22 *mars*. — 7 *heures*. — La dépression barométrique se généralise sur toutes les stations auprès desquelles, pendant trois jours, passera l'ouragan; ainsi sur le littoral, la baisse s'étend depuis Tamatave jusqu'à Farafangana, dans l'intérieur, depuis Tamatave jusqu'à Ihosy. En effet, Vatomandry indique 740 millimètres; Tamatave 748 millimètres; Mahanoro 753 millimètres; Mananjary 754 millimètres et Farafangana 759 mm. 8. Tananarive a une variation de 6 millimètres, Antsirabé et Ambositra 5 millimètres, Fianarantsoa et Ihosy 4 millimètres. Partout le vent souffle en rafales; il tourne progressivement vers le Sud-Ouest, soit à Tananarive, soit à Tamatave, tandis qu'il reste sur le même rhumb, à Vatomandry et à Mahanoro; de ces données l'on peut déjà prévoir que le météore se dirige vers ces deux points.

13 *heures*. — La baisse du baromètre s'accentue de plus en plus à Vatomandry : 736 millimètres, ainsi qu'à Mahanoro : 745 millimètres; elle est un peu moins forte à Tamatave : 746 millimètres. D'après ces trois comparaisons, il est permis de croire que le centre se portera vers le lieu où la pression est moindre, par conséquent sur Vatomandry d'abord, sur Mahanoro ensuite. Dans les postes de l'intérieur la variation augmente; elle est de 7 millimètres à Tananarive, environ 6 millimètres à Antsirabé et Ambositra, et 5 millimètres à Fianarantsoa et Ihosy.

De même l'intensité du vent augmente aussi dans toutes les stations météorologiques précitées. Signes certains que la tempête approche.

16 *heures*. — Le centre de l'ouragan aborde Vatomandry; le baromètre tombe à 734 millimètres, c'est-à-dire 28 millimètres au-dessous de la pression moyenne. Au même instant une baisse caractéristique se produit sur le barographe de Tananarive, de Farafangana et de Tsimanandrafozana, annonçant l'arrivée du calme central sur la côte orientale de l'île. La période de calme à Vatomandry dure 6 heures, elle est interrompue pendant plusieurs minutes par des folles brises du Sud-Est, de Sud et de Sud-Ouest. « On éprouve au milieu de cette région, dit M. Pélissié, une chaleur intense, un malaise indéfinissable, une irritabilité du système nerveux. » Rien de plus naturel.

Dans cette sorte d'immense cheminée qui constitue le centre, l'air chaud afflue latéralement par le bas, puis s'élève. Parfois, sous l'effet d'une cause quelconque, des remous, des refoulements se produisent, et l'on ressent alors sur le sol comme des bouffées de chaleur.

Le vent produit sur l'organisme une évaporation rapide de la transpiration; il détermine par là même, une sorte de refroidissement et un redoublement d'activité dans les glandes sudoripares. Par suite du calme, ces fonctions se ralentissent, dès lors, la sensation de chaleur s'accentue plus que d'ordinaire. En outre, la raréfaction de l'air ambiant trouble l'équilibre des gaz emprisonnés dans le corps humain et cause un malaise général; les phénomènes électriques qui accompagnent les cyclones exercent aussi une influence marquée sur les centres nerveux et sur les nerfs qui en dérivent. La tempête reprend avec autant de violence qu'auparavant, à 22 heures. Le vent souffle d'abord du Nord-Nord-Est, puis du Nord.

Étudions un instant la marche qu'elle vient de suivre. D'après la théorie thermique que viennent corroborer les faits, un cyclone arrivant sur la côte orientale de Madagascar, près de Tamatave par exemple, vient ou du Nord-Est ou de l'Est-Nord-Est. Dans l'une ou l'autre direction, et en supposant la trajectoire du centre régulière, à cause de sa position topographique, Tamatave ressent l'influence de la dépression longtemps avant Vatomandry. Or, il résulte des observations que le minimum barométrique a eu lieu à Tamatave, le 22, à 12 et à 13 heures, par vent Ouest, alors que le centre se trouvait non loin de Vatomandry. Ces trois heures seulement d'intervalle entre la dépression signalée à Tamatave et la tempête qui aborde le littoral s'expliquent en admettant qu'à ce moment le centre exécutait une courbe de forme convexe par rapport à Tamatave. Dès que les points de cet arc de cercle se sont le plus rapproché de cette station, le baromètre a éprouvé un

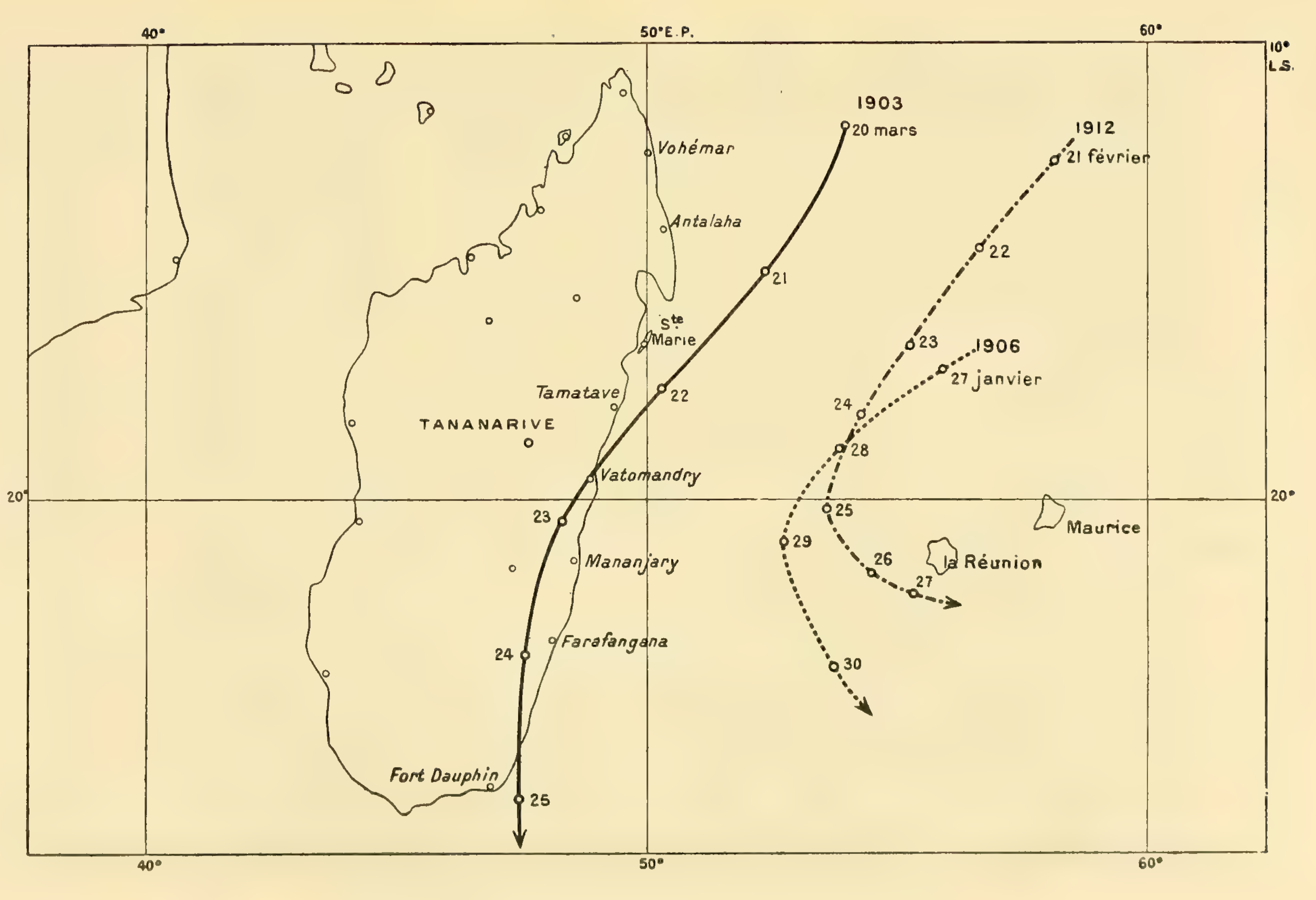


Fig. 61. Cyclones des 20-25 mars 1903, 21-27 février 1912, 27-30 janvier 1906.

minimum. Il est constaté dans l'état actuel de la science cyclonomique que la forme de la trajectoire n'est pas toujours régulière et s'enchevêtre parfois de complications aussi étranges qu'inattendues.

23 *mars.* — Le centre du cyclone passe sur Mahanoro à minuit; le baromètre indique 737 millimètres. En supposant cet instrument bien réglé, la variation serait de 23 millimètres, par conséquent moindre qu'à Vatomandry. La distance qui sépare ces deux villages égale à vol d'oiseau 70 kilomètres, ce qui donne comme vitesse moyenne de translation 9 kilomètres à l'heure. Après 3 heures de calme le vent Nord-Est souffle avec violence à Mahanoro.

Vers 4 heures du matin, le barographe de Tananarive enregistre la plus forte baisse : 640 mm. 56, soit environ 10 millimètres de variation. L'heure du passage du centre au point de la trajectoire le plus rapproché de Tananarive démontre bien que le centre ne suit pas dans sa marche une parabole régulière. En effet, Tananarive étant plus rapproché de Vatomandry que de Mahanoro, il eût été naturel que le baromètre de l'observatoire marquât sa plus basse pression, au moment où l'ouragan passait sur Vatomandry; or, il ne l'a indiquée que 12 heures plus tard; le centre a donc formé entre Vatomandry et Mahonoro une courbe concave par rapport à Tananarive, et convexe au sortir de Mahanoro.

A 7 heures, d'après la direction du vent donnée par Tananarive et Fianarantsoa, le centre se trouve sensiblement à l'Est-Nord-Est d'Ambositra, à égale distance de Tananarive et de Fiananrantsoa, dans la partie médiane du littoral et de la grande arête faîtière.

Antsirabé constate le minimum barométrique à ce moment ainsi qu'à 13 heures : 639 mm. 6, 8 millimètres environ de variation. Cette observation d'après laquelle le passage du centre dure 6 heures, comme la veille à Vatomandry, nous permet de conclure, d'abord, que le diamètre central n'a pas varié, ensuite que le cyclone décrit un long segment d'arc de cercle, dont le point central aboutirait à Antsirabé.

Les deux stations de Farafangana et d'Ambositra nous renseignent, à 13 heures, sur la direction qu'a prise l'ouragan. Il n'a point quitté la zone médiane et se meut près de la rivière Mananjary à proximité de son confluent : le Faravory. Le baromètre d'Ambositra reste stationnaire à 13 heures et à 18 heures; il indique 644 millimètres, et, par suite 11 millimètres de baisse; celui de Mananjary éprouve aussi, à 13 heures, le plus fort minimum : 748 millimètres, soit 12 millimètres de variation; celui de Tsimanandrafozana accuse la plus grande baisse à 14 heures.

Il résulte de cet ensemble de faits que la trajectoire décrit un autre fragment d'arc de cercle durant 5 heures.

Trois stations météorologiques : Mananjary, Fianarantsoa et Farafangana, donnent, à 16 heures, par la direction du vent, la position du centre. Il continue à suivre une direction parallèle à l'arête faîtière, et s'infléchit comme elle. Le baromètre de Fianarantsoa est à son minimum : 640 millimètres, depuis 18 heures jusqu'à 20 heures 15.

Jetons maintenant un rapide coup d'œil sur la marche qu'a suivie la tempête durant toute la journée; nous l'avons déjà vu, sa trajectoire est composée de plusieurs segments d'arc de cercle qui, réunis entre eux, forment une courbe sinueuse comme la veille.

24 *mars.* — Le lendemain matin nous retrouvons le tourbillon évoluant près de Farafangana. En cette station la courbe du barographe est descendue au minimum de pression à 6 heures, par 745 mm. 8; la variation 16 millimètres, indique que le cyclone a perdu seulement une moitié de son énergie, malgré les obstacles qu'il a rencontrés sur son chemin; peut-être la condensation abondante des couches atmosphériques au contact des régions plus froides du plateau Betsileo favorise-t-elle son mouvement giratoire? Rien d'étonnant qu'animé d'une telle force il poursuive sa route vers le Sud-Sud-Ouest avant d'aiguiller sur la deuxième branche de la parabole.

Une circonstance caractéristique nous montre une fois de plus que la trajectoire exécute une marche sinueuse à travers la zone médiane. La station d'Ihosy par sa position topographique aurait dû ressentir le passage de la tempête bien avant Farafangana; or, elle ne signale son passage qu'à 13 heures. Le centre, dès lors, forme une courbe concave à proximité de Farafangana et a poussé, ensuite, une pointe vers le Sud-Ouest. Le baromètre d'Ihosy marque 701 millimètres; la variation serait de 11 millimètres au-dessous de la moyenne. A ce moment le cyclone traverse la coupure que s'est frayée la rivière Mananara dans l'arête faîtière du Betsileo; il se dirige vers la deuxième arête qui se dresse au Nord-Ouest de Fort-Dauphin.

18 *heures.* La direction du vent aux deux stations les plus voisines du centre, Ihosy et Farafangana, indique la présence du météore dans la cuvette où prend sa source l'Itomampy; le massif et la chaîne de Tanianomby, avec leurs sommets de 1,600 et 1,500 mètres, barrent sa route vers le Sud; il s'infléchit donc vers le Sud-Est.

25 *mars.* — L'unique station météorologique rapprochée du cyclone est Fort-Dauphin. La seule observation barométrique faite dans la journée donne une pression minimum de 750 millimètres avec vent violent de Sud-Est, notamment dans la nuit du 26 au 27. La variation de 12 millimètres environ semble prouver que l'ouragan conserve encore une intensité considérable.

***

Après avoir parcouru dans l'intérieur de Madagascar une trajectoire sinueuse de près de 700 kilomètres, après avoir semé sur sa route, pendant 70 heures, les ruines et la terreur, après avoir fait sentir son influence sur toute l'île et jusque sur le canal de Mozambique, le cyclone rejoint l'Océan Indien vers le Nord-Est de Fort-Dauphin et accomplit la deuxième branche de la parabole.

CYCLONES DU TYPE IV

a) OURAGAN DU 27 AU 29 JANVIER 1906. — Pendant la majeure partie du mois de janvier, une aire de hautes pressions barométriques nous avait amené une longue période de belles journées, lorsque, le 26, une baisse générale se produisit d'une manière assez brusque sur toutes les stations météorologiques de Madagascar.

A Tananarive, de nombreux cirrus et cirro-stratus apparurent dans les hautes régions de l'atmosphère; les nimbus couvrirent les montagnes de 1,800 à 2,000 mètres d'altitude; le vent se mit à souffler par rafales; au magnétographe de l'Observatoire, le barreau aimanté du bifilaire éprouvait une perturbation de midi et demi à 1 heure et demie. Plus de doute possible; un cyclone s'avançait vers Madagascar. Le lendemain 27, la dépression barométrique s'accentue à Majunga, Tananarive, Vatomandry et Mahanoro; en même temps la vitesse du vent augmente. En prenant comme base les directions de couches aériennes à Tananarive et Farafangana, stations éloignées l'une de l'autre et soustraites aux influences des reliefs du sol, nous trouvons que le cyclone se meut à 750 kilomètres environ à l'Est de Vohémar, et qu'il exécute la première branche de sa parabole.

Après avoir constaté et précisé la position du cyclone, il reste à suivre la marche de la trajectoire, c'est-à-dire à savoir si la tempête allait s'abattre sur le Nord-Est de l'île, ou bien, si elle allait s'infléchir vers le Sud. Cette étude fut poursuivie durant toute la soirée du 27, au moyen de deux instruments : le statoscope et la girouette enregistreur. Le statoscope, baromètre d'une sensibilité extrême, fut mis en mouvement depuis 1 heure jusqu'à 5 heures 35 minutes; il enregistrait en les amplifiant 25 fois, sur une bande de papier de 1 m. 47 cm. de longueur, les phénomènes détaillés qui accompagnent le cyclone. Ainsi, chaque rafale de vent produisait sur le diagramme une baisse instantanée de 1 ou 2 millimètres; la dépression était tantôt régulière pendant une ou deux minutes, tantôt diminuait très rapidement; à 4 heures 21 minutes, l'instrument indiquait une baisse de 38 divisions depuis le commencement de l'expérience; à ce moment survint un minimum qui dura à peine 30 secondes, puis le baromètre remonta rapidement de 13 divisions.

On pouvait constater à la girouette enregistreur, malgré les embardées occasionnées par les rafales, que le vent tendait à tourner vers le quadrant Sud. Ces quelques données suffisaient à démontrer que le centre du cyclone recourbait sa trajectoire vers la gauche, et que par conséquent il passerait au large de la côte orientale de Madagascar. Ces prévisions se confirmèrent en effet dans la nuit du 27, et le lendemain matin 28, je pouvais en toute certitude avertir le Gouvernement général que le cyclone exécutait la deuxième partie de sa trajectoire qu'il se trouvait au large de la côte orientale, et qu'il ne toucherait pas Madagascar.

Dès le 29, le baromètre continue à baisser, depuis Tamatave jusqu'à Mananjary et dans l'intérieur de l'île, depuis Tananarive jusqu'à Fianarantsoa. Tamatave et Vatomandry éprouvent une baisse de 10 millimètres, Mananjary de 5 millimètres, Farafangana de 3 millimètres. Le barographe de Tananarive atteint son plus fort minimum : 644 mm. 39 à 3 heures 55 minutes du soir, la vitesse du vent n'est pas très considérable; il tourne vers le quadrant Ouest. La mer est grosse sur la côte orientale; « ce sont de véritables montagnes d'eau qui s'écrasent sur nos rochers », m'écrit un correspondant de Vatomandry.

Le lendemain 30, le baromètre remonte rapidement; le centre de la tempête se dirige vers le Sud-Est et va se perdre dans l'immensité de l'Océan Indien.

Au lieu de nous apporter son triste cortège de ruines, comme au 29 janvier 1905, le cyclone a occasionné sur la côte orientale une pluie bienfaisante et ardemment désirée; grâce à Dieu, Madagascar a, pour cette fois, été épargné.

b) OURAGAN DU 20 AU 27 FÉVRIER 1912. — Les signes précurseurs de la tempête ont commencé à se manifester, à Tananarive, le 17 février. Au coucher du soleil, les stratus et nimbus prenaient une teinte rouge cuivre. Le baromètre indiquait sur tous les postes météorologiques de Madagascar une pression exceptionnellement élevée pour la saison, phénomène connu en cyclonomie sous le nom de « anneau de Galton ». Enfin, une troisième anomalie non moins caractéristique se produisait; la température qui d'ordinaire marche en sens inverse de la pression, s'élevait au contraire ce jour-là.

Les 18 et 19, le baromètre baisse rapidement dans les postes situés au Nord de la grande Ile : Diégo, Vohémar, Antalaha, Analalava et Majunga. Dans les stations centrales et côtières de Madagascar, aux îles de la Réunion, Maurice, Rodrigues, la dépression se propage avec plus de lenteur. Il est difficile de fixer l'endroit qu'occupe le centre du cyclone pendant la journée du 18. De tous les côtés, en effet, sauf à la Réunion et à Fort-Dauphin, le vent souffle uniformément du Sud-Est. D'après ces données incomplètes, nous ne pouvons tirer que cette conclusion générale : un cyclone apparaît vers le Nord-Est de Madagascar.

Le 19, l'immense courant aérien du Sud-Est règne encore sur la côte orientale, mais à Maurice, il se relève vers l'Est. Cette particularité a son importance, puisqu'elle nous aide à connaître le sens du mouvement de la translation de la tempête. Elle se dirige vers le Sud-Ouest.

Le 20, baisse générale et très lente du baromètre. Le régime des vents dans la grande Ile semble avoir repris la régularité ordinaire.

Le courant aérien de l'Est se bifurque entre Vatomandry et Mananjary, amenant des vents Nord-Est vers le Sud de Madagascar et Sud-Est vers le Nord.

On remarque pourtant à Vohémar et à Diégo, une direction anormale de l'Est qui persistera jusqu'au 21. A Tananarive nous ressentons la brise Est-Sud-Est; sa vitesse diurne égale 469 kilomètres. Il pleut à Vatomandry : 38 millimètres; à Diégo-Suarez : 26 millimètres; Farafangana et la Réunion. Le céraunographe ou enregistreur d'orages (instrument basé sur la T. S. F.) inscrit quatre manifestations électriques pendant la nuit du 20 ainsi que le matin. Dans la journée du 21 la disposition des courants aériens a une grande analogie

avec celle du 19. La bifurcation du vent Est a été rejetée vers le Sud de Madagascar entre Farafangana et Fort-Dauphin; cette dernière station seule ressent le Nord-Est; partout ailleurs et jusque dans le plateau central, le vent souffle du Sud-Est. L'île de la Réunion observe le vent Nord-Ouest, puis le Sud-Est; Maurice et Rodrigues l'Est.

L'anémomètre de l'observatoire de Tananarive indique une vitesse de 429 kilomètres en 24 heures, valeur moindre que la veille. En prenant comme base d'une part, la direction du vent à Tamatave et à Maurice, d'autre part, l'isobare minimum d'Antalaha, le centre de la tempête se trouverait à 700 kilomètres environ Est de cette dernière station. La mer est agitée sur tout le littoral oriental de Madagascar. La pluie tombe dans les localités suivantes : Diégo-Suarez, 63 millimètres, Vatomandry 1 millimètre; Mananjary 8 millimètres et la Réunion. L'enregistreur d'orages n'indique que trois signaux électriques dans la nuit du 21.

Le 22, la marche des courants aériens se modifie. Depuis Sainte-Marie jusqu'à Vatomandry, région située sur le front de la trajectoire, le vent est refoulé vers le Sud et Sud-Sud-Ouest; dans le plateau central il tourne au Sud-Sud-Est. Aujourd'hui la loi de Buys Ballot nous donne une indication assez exacte de la position où se meut la tempête. Tananarive combiné avec Maurice la reporterait à distance de 550 kilomètres Est-Sud-Est d'Antalaha. Diégo-Suarez et Vohémar n'éprouvent qu'un changement insensible dans la pression atmosphérique. Le baromètre d'Antalaha baisse de 1 millimètre depuis la veille : 754 mm. 5; ceux de Tamatave et de la Réunion signalent une dépression de 2 millimètres; à Tananarive et Vatomandry, baisse de 1 millimètre environ. La mer grossit tout le long du littoral oriental de Madagascar.

Pluie sur Antalaha, Sainte-Marie et Tamatave. La vitesse du vent augmente dans la capitale malgache : 496 kilomètres en 24 heures. On n'observe ce jour-là que trois manifestations électriques au céraunographe.

La situation atmosphérique s'aggrave dans la journée du 23. La baisse du baromètre s'accentue à la Réunion : 4 millimètres depuis hier; Tamatave et Vatomandry : 3 millimètres; Mananjary 2 mm. 4. La force du vent augmente sur la côte orientale à cause des isobares qui se serrent dans cette zone; par contre elle faiblit sur le Plateau central qui est plus éloigné de la perturbation; 255 kilomètres en 24 heures. Le vent souffle du Sud et Sud-Sud-Ouest dans la région Mananjary, Farafangana; il passe du Sud-Est au Sud, dans le centre de l'île. Tananarive observe à travers les éclaircies des nuages, d'immenses cumulus avec voiles de cirro-stratus au-dessus de l'horizon Sud-Est; nombreux signaux électriques et éclairs enregistrés pendant ce jour au céraunographe. Vatomandry ressent une température lourde avec rafales et grains violents au Sud-Sud-Est. La Réunion éprouve des bouffées de chaleur avec ciel entièrement couvert. Il peut à Diégo-Suarez : 46 millimètres; à Vatomandry, 44 millimètres; à Mananjary 45 millimètres. En prenant pour point de départ l'isobare minimum qui passe sur la Réunion et Antalaha, ensuite la direction du vent à Sainte-Marie et à Maurice, nous relevons approximativement la position du centre de la tempête qui évolue à 500 kilomètres Est-Nord-Est de Tamatave et à distance égale Ouest-Nord-Ouest de la Réunion.

Nous constatons le lendemain 24, la même pression de 750 millimètres dans ces deux dernières stations, ce qui nous fixe encore davantage sur la position du cyclone. La direction du vent prise de Tamatave et de la Réunion, stations situées à l'extérieur et à l'intérieur de la trajectoire mettraient le centre de l'ouragan à 400 kilomètres environs Est de Tamatave. Le gradient barométrique se resserre entre 750 millimètres et 756 millimètres; il s'élargit ensuite de Mananjary à Fort-Dauphin : 757 millimètres, 758 millimètres. Pendant la journée la trajectoire du cyclone s'infléchit vers le Sud-Sud-Ouest avec beaucoup de lenteur, circonstance qui amène une recrudescence de pluie. La vitesse du vent enregistrée à Tananarive est plus considérable que la veille : 356 kilomètres; le maximum avec grains et rafales a lieu depuis 4 h. 30 jusqu'à 9 heures du soir. Le céraunographe inscrit trois signaux électriques pendant ces 24 heures. De Tamatave et de Vatomandry on signale une mer démontée avec de sérieux dégâts.

Pendant la journée du 25 février, l'isobare de 751 millimètres qui tangente la Réunion, Vatomandry et Mananjary prend sensiblement la forme ellipsoïdale orientée suivant la direction Est-Ouest. Le centre de l'ouragan situé à 400 kilomètres environ Est de Vatomandry continue à se recourber.

Le vent Sud souffle depuis Tamatave jusqu'à Fort-Dauphin. Nous enregistrons à Tananarive une vitesse de 409 kilomètres en 24 heures.

La direction générale des courants aériens sur Madagascar peut se résumer ainsi durant cette journée; les vents du Sud qui règnent sur la côte orientale et dans le plateau central s'infléchissent vers le Nord-Ouest de l'île dans le canal de Mozambique, à la hauteur de Majunga, tournent vers le Nord-Ouest dans la zone Diégo-Suarez, Vohémar, Antalaha et se dirigent vers le centre de l'ouragan en exécutant probablement une sorte de spirale. Le baromètre de Mananjary baisse de 4 millimètres; Tananarive, Vatomandry et Morondava éprouvent ce jour-là le minimum de pression. Mer démontée dans la région Vatomandry-Mananjary. Sept fois l'enregistreur d'orages inscrit des manifestations électriques.

Le 16, le baromètre baisse très rapidement à la Réunion : 747 millimètres; il remonte très lentement dans les stations météorologiques de Madagascar. Le vent conserve sa direction Sud depuis Farafangana jusqu'à Tamatave. Sa vitesse à Tananarive est de 429 kilomètres comme le 21.

Quoique la mer soit encore démontée dans les mêmes parages qu'hier, néanmoins la force du vent diminue. Nous notons seulement quatre signaux électriques au céraunographe. En somme, l'ouragan a exécuté la première partie de sa trajectoire; il s'est recourbé vers le Sud-Est, accomplissant sa deuxième branche.

Le 27, le cyclone s'est enfin éloigné de Madagascar. La mer devient plus calme; le vent faiblit sur le littoral oriental et passe au Sud-Sud-Ouest; à Tananarive les couches aériennes convergent exactement vers le centre, phénomène assez fréquent à cette troisième période de cyclone. Toute la partie Sud et Sud-Ouest de la Réunion ressent vivement les effets de la tempête dont le centre passe à 150 kilomètres environ au Sud-Ouest de cette île.

Résumons les traits caractéristiques de ce cyclone, qui, par bonheur, n'a pas atterri sur Madagascar, mais

s'est manifesté plus de huit jours sur le littoral Est sous la forme d'un violent raz de marée accompagné de fortes pluies :

1° A Tananarive, station éloignée de la tempête, la direction du vent est restée anormale, sauf pendant un ou deux jours.

2° L'influence de ce cyclone de grande étendue a été considérable; dès le 20, on signalait sa présence à l'île de Rodrigues, et à Tananarive, point distant de 1,841 kilomètres; de plus, tous les postes météorologiques de la côte occidentale de Madagascar, quoique très éloignés du météore en ont pourtant ressenti les effets.

3° En général le vent soufflait du Nord-Ouest dans le Nord de la grande île, du Sud dans le plateau central et sur la côte orientale; les courants aériens avaient donc deux directions sensiblement opposées.

4° Malgré la présence de nombreux stratus et nimbus sur l'horizon, malgré une grande quantité de pluie tombée sur le littoral, on a constaté une température plus élevée que la normale durant le passage de la tempête ainsi que des manifestations électriques dans l'atmosphère.

Type exceptionnel. — *Cyclone du 3 mars* 1927 (24 *février*-9 *mars*). — Le cyclone qui a ravagé Tamatave doit être classé à part. Sa trajectoire est absolument anormale, par suite du rebroussement qui s'est produit au Nord de la Réunion le 1er mars; de plus les autres caractéristiques du tourbillon, profondeur, violence, vitesse de translation ont subi en même temps des modifications considérables. Les phénomènes se succèdent comme s'il y avait deux météores différents : le premier, normal dans ses manifestations, venant du Nord de l'île Rodrigues, et commençant à s'infléchir vers le Sud après avoir franchi le méridien de Maurice; le second, dépression très creuse, à diamètre central relativement restreint, remarquable par la pente abrupte du gradient, la violence extrême des vents, la rapidité de la translation, remplace le premier sans solution visible de continuité, et rejeté brusquement vers l'Est-Nord-Est par une cause puissante vient aborder et raser Tamatave, puis traverser Madagascar, suivant des directions jamais observées jusqu'ici.

La transformation s'est opérée en pleine mer le 1er mars, trop loin des stations d'observations pour que le détail du phénomène puisse être précisé avec certitude : le témoignage des marins y suppléera.

L'analyse des documents que nous possédons permet bien de discerner une cause plausible de la déviation de la trajectoire. Le secret des bouleversements internes dans le corps du tourbillon nous échappe, et la présente monographie sera surtout descriptive.

Pour les journées du 24 au 28 février, nous suivrons les renseignements que M. Koenig de l'Observatoire *Royal Alfred* de Maurice a bien voulu nous communiquer, avec une courtoisie dont nous le remercions sincèrement. Des perturbations météorologiques d'une telle étendue ne peuvent d'ailleurs être étudiées avec fruit sans la collaboration des techniciens de tous les pays intéressés; l'événement a montré une fois de plus qu'en présence de ces grands mouvements de l'atmosphère, le météorologiste est vaincu d'avance qui prétend baser sa prévision sur les seules observations régionales ou même nationales.

Journée du 24 *février*. — A Madagascar la situation paraît entièrement normale : pression barométrique, température, pluviosité sont celles de la saison pour tout le territoire de la colonie. On en peut dire autant de la Réunion où le baromètre de la Pointe des Galets est à 760 et l'air calme le matin.

Cependant ce jour-là le centre d'un cyclone peut être placé à quelque 250 milles au Nord-Nord-Est de Rodrigues, courant sur la première branche de sa trajectoire. Ce météore est à plus de 800 milles de la côte Est de Madagascar qui ne ressent pas encore son approche. L'île Maurice est légèrement influencée : le mouvement tourbillonnaire aurait donc une zone extrême d'activité de 500 milles marins à peu près. L'âge de cette dépression ne peut être fixé : elle est probablement de formation récente; les documents permettent tout juste de tracer sur la carte l'emplacement le plus probable du centre; ils renseignent peu sur le degré d'organisation du météore.

Journée du 25 *février*. — Le cyclone est suivi avec attention par Maurice et signalé aux navires en mer par T. S. F. L'observatoire *Royal Alfred* dispose, avec ses propres observations, de celles de Rodrigues, de l'îlot Saint-Brandon et du paquebot *Volsella*, venant des Indes aux Mascareignes. Le centre s'est déplacé vers l'Ouest-Sud-Ouest parcourant environ 130 milles en 24 heures, soit à une vitesse moyenne de 5 milles à l'heure : donc allure très normale.

Il se trouve encore à 700 milles du Cap Masoala, point de Madagascar le plus rapproché.

Pour étudier les répercussions sur la pression barométrique en terre malgache, nous ne ferons pas état des valeurs absolues de la pression. Dans l'état où se trouvent les stations du réseau à cette époque, on ne pourrait tirer de cet élément des indications sérieuses. Les baromètres en effet ne sont pas comparables entre eux. Quelques postes ont des baromètres à mercure, d'autres se contentent d'anéroïdes plus ou moins bien réglés, d'autres enfin se basent sur des enregistreurs Richard. Pour la plupart la grandeur des erreurs instrumentales nous échappe, et l'altitude de l'instrument au-dessus du niveau de la mer n'est pas toujours connue avec la précision voulue.

En nous servant exclusivement de la méthode des variations de pression en 24 heures nous échappons en grande partie à ces difficultés. On ne compare plus entre eux en effet des instruments dont le modèle et la situation diffèrent, mais ce sont les observations successives d'un même baromètre au même lieu et au même instant de la marée qui entrent en ligne de compte. La principale incertitude subsistera dans les seuls postes munis d'enregistreurs à style plus ou moins paresseux par suite du frottement sur le papier comme ceux de Mananjary et de Tulear.

Or en cette matinée du 25 février nous constatons un phénomène général à Madagascar : partout la pression a baissé de 1 mm. 5 environ en 24 heures; seul Diégo a peu varié, quoique en baisse, et Dzaoudzi de Mayotte accuse seulement 1 mm. 1.

Le centre du cyclone est encore bien loin de l'île pour produire un tel effet sur notre atmosphère. Les vents

restent ceux d'un régime anticyclonique, mais marquent un affaiblissement très net. En particulier les brises de Fort-Dauphin, brises fraîches de Nord-Est si caractéristiques, sont tombées de la force 7 (échelle de Beaufort) le 24 à 2 seulement le 25. Il y a donc recul très notable du centre de hautes pressions tropical, et recul qui paraît en relation avec le développement ou l'approche du cyclone de Rodrigues.

Au point de vue malgache la prévision ne peut tirer un pronostic sérieux de cette faible variation; elle indique seulement que le météorologiste devra se tenir sur ses gardes.

En cours de journée les variations en 24 heures (celles observées à 12 heures et à 18 heures) confirment cet avertissement : la valeur est plutôt supérieure à celle de 7 heures, et se rapproche de 2 millimètres, même aux Comores.

Journée du 26 *février.* — Au matin du 26 le compte rendu de M. Koenig (*Miscellaneous publications of the Royal Alfred Observatory*, *n*° 6. *The cyclone of February* 24*th to March* 3*rd* 1927) montre que la tempête a continué sa route sans changer d'allure. Elle descend un peu plus vers le Sud-Ouest et se rapproche de l'île Saint-Brandon. La menace n'est donc pas immédiate pour les Mascareignes, si la trajectoire ne se recourbe pas franchement vers le Sud. A défaut d'autres indices le vent, et surtout l'état de la mer révèlent un tourbillon organisé et important.

Le centre est maintenant à une latitude intermédiaire entre Maroantsetra et Sainte-Marie, mais six cents milles marins l'en séparent, plus de mille kilomètres. L'ensemble des baromètres de la colonie montre encore une tendance à la baisse par rapport aux observations de la veille. Mais ce recul est sensiblement moins important, n'atteignant pas 1 millimètre en 24 heures.

De plus la descente n'est pas uniforme : alors que tous les baromètres de la côte l'enregistrent dans les stations situées au Nord du 20° de latitude, et que ceux du Sud-Ouest l'accusent également, une faible tendance à la hausse se manifeste dans les stations du plateau central et sur la côte Sud-Est. On peut interpréter ce résultat de la manière suivante : l'influence d'un ou de plusieurs centres de basses pressions se fait sentir au Nord du 20° de latitude, et semble correspondre à un rapprochement ou un approfondissement du cyclone oriental; mais le domaine des hautes pressions du Sud cesse de reculer. Il reprend une certaine activité, et limite nettement la zone de perturbations. Dans la journée du 26 ces tendances se précisent, et une hausse, encore très faible, se montre à partir de midi dans la région de Fort-Dauphin.

Partout, sur notre île, les températures et les pluies d'orages sont restées normales pendant les journées du 25 et du 26.

Les brises de Fort-Dauphin restent faibles : évidemment l'extrême Sud de Madagascar ne va pas constituer un foyer d'appel pour la dépression, et quelques indices de résistance y apparaissent.

Journée du 27 *février.* — A 9 heures du matin le centre du cyclone se trouve à peu près à 270 milles au Nord-Nord-Est de Maurice, ayant poursuivi sa route sans altération. Il a dû passer près de Saint-Brandon dans la nuit du 26 au 27. A Maurice, le temps paraît s'améliorer : la mer brise fortement sur le littoral du Nord, mais la descente du baromètre se ralentit, et le vent mollit en tournant de Sud-Est 1/4 Est à Est-Sud-Est : on note 750 mm. 3 à 9 heures et 757 à la Réunion (Port). A moins de modification dans sa route, la tempête passera à bonne distance au Nord-Ouest de Maurice.

A la tombée de la nuit cependant le temps se gâte, la baisse barométrique s'accélère, le vent fraîchit en halant l'Est : le cyclone passe bien au Nord et au Nord-Ouest de l'île, mais son centre se rapproche, et la trajectoire doit s'infléchir un peu vers le Sud. Une inquiétude vient donc troubler les amusements traditionnels, en cette soirée du dimanche gras.

Les variations barométriques à Madagascar sont à peu près nulles ce jour-là · cependant Tamatave note 0 mm. 8 à 7 heures, et le centre de hautes pressions du Sud, qui marquait hier une résistance, se remet en équilibre avec les autres stations. La brise de Nord-Est remonte à la force 5 auprès de Fort-Dauphin. En plusieurs points cette journée du dimanche est pluvieuse.

Le centre du cyclone se trouve encore à 500 puis 450 milles de Tamatave, cependant deux habitants de cette ville, habitués par un long séjour à l'aspect du temps, manifestent quelque inquiétude en consultant leur baromètre et examinant le ciel vers l'Est. Malheureusement ces impressions ne sont pas jugées assez importantes pour motiver un coup de téléphone à l'Observatoire de Tananarive.

Journée du 28 *février.* — L'observatoire de Maurice continue à suivre la marche du cyclone avec d'autant plus d'intérêt que les apparences sont plus menaçantes. C'est en effet vers 9 heures du matin le 28 qu'on note à Maurice la pression la plus basse, 747.8; le vent de surface est encore Est, mais les nuages inférieurs courent rapidement de l'Est-Nord-Est, et la mer heurte avec violence les falaises de la côte Nord; la manière dont les vagues commencent à briser sur le littoral Ouest confirme bien que le centre a franchi le méridien de l'île, et se trouve quelque part au Nord-Ouest.

Dans la matinée la légitime angoisse des Mauriciens peut se calmer progressivement, car le baromètre reste sensiblement stationnaire, tandis que la rotation des vents de l'Est à l'Est-Nord-Est semble bien indiquer que le tourbillon décrit du Nord-Ouest à l'Ouest de l'île un arc de cercle, qui le maintient à distance constante.

Ce faisant sa trajectoire incline donc de plus en plus vers le Sud et c'est maintenant la Réunion qui pourra craindre sa viste. Ce matin-là le capitaine de port de la Pointe des Galets télégraphie : pression 751 calme, ciel très nuageux. Mais ce calme est trompeur : le port est protégé par les montagnes de l'intérieur, et ne peut rien affirmer au sujet du vent de cyclone. En rade sont les vapeurs anglais *Volsella*, qui a pu atteindre les Mascareignes avant la tempête, *Seistan* qui sera demain durement éprouvé, enfin le paquebot des Messageries maritimes *Chambord*. Le baromètre du *Seistan* a été vérifié à l'observatoire de Maurice après le cyclone. Le 2 à 8 heures il marque 999 millibars, soit 749 mm. 3 : mais ces chiffres ne sont donnés qu'en nombres ronds de millibars laissant une erreur probable de 0 mm. 35. Il est vraisemblable que l'enregistreur

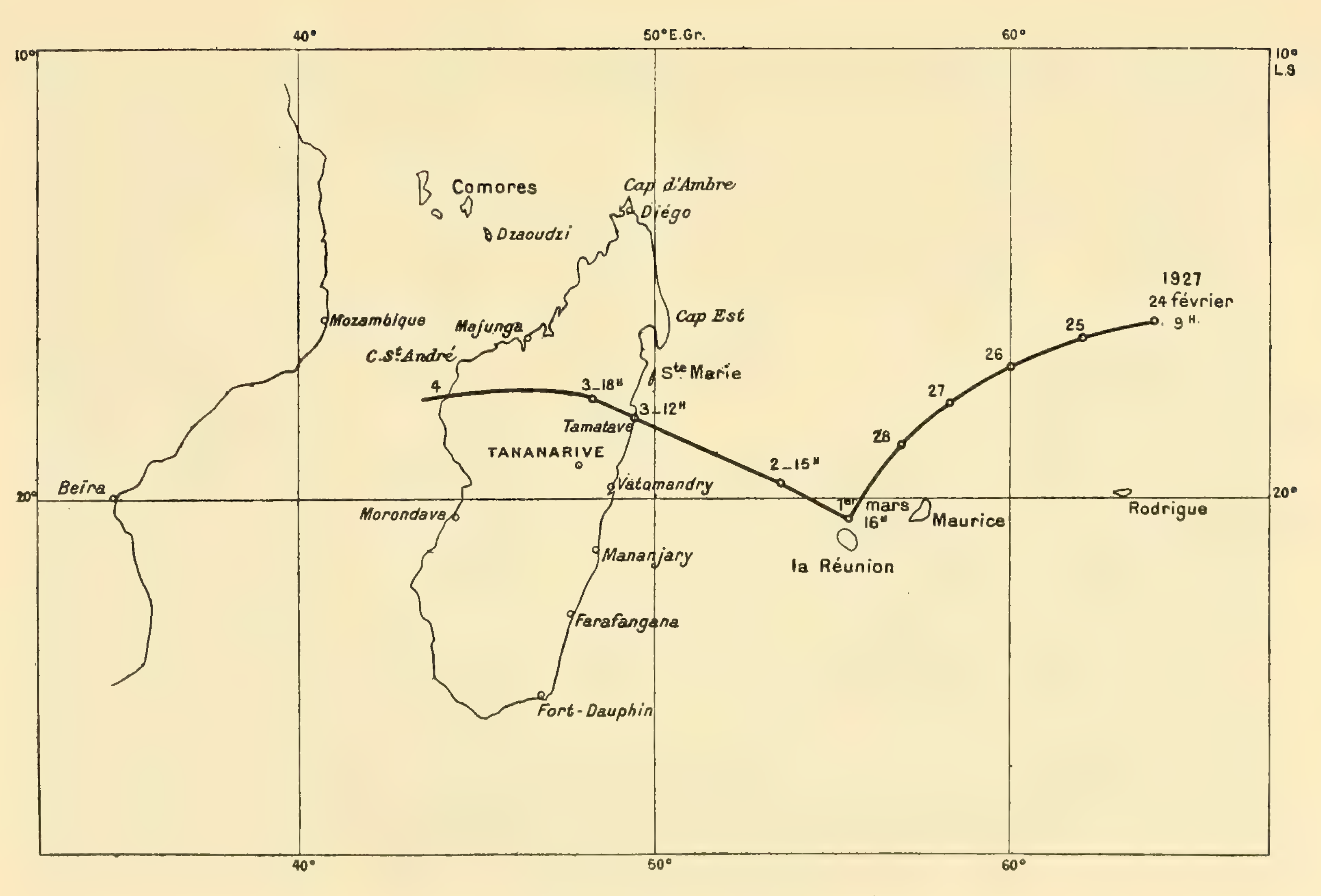


Fig. 62. — Trajectoire du cyclone 24 février-4 mars 1927.

du port est trop haut de 1 millimètre à 1 mm. 5. Les vents sont variables derrière l'écran montagneux. Mais la houle vient du Nord-Est. Dans la journée la pression tombe de 3 millimètres; la marée du soir est cependant visible, mais l'approche de la tempête est certaine.

A Madagascar les orages et les pluies ont cessé à peu près partout. La température est stationnaire au Nord à Diégo, Nosy-Bé, Mayotte, au centre à Tananarive, Ambositra, au Sud-Ouest à Morondava et Tulear. Une baisse de 0.5 à 1 millimètre persiste sur la côte Est à Antalaha, Sainte-Marie, Tamatave, Vatomandry, Farafangana. Mais Fort-Dauphin, au Sud, commence à montrer des signes de hausse, encore peu assurés + 0.8 à 7 heures et sa brise de Nord-Est est beaucoup plus faible que d'ordinaire.

Il est bien difficile d'établir une prévision. Si la route du cyclone ne se modifie pas, il est évident que le 1er mars dans la soirée il passera très près de la Réunion ou même sur cette île. Mais rien ne l'attire vers le Sud de Madagascar. Rien n'indique non plus qu'il changera de direction : tout au plus peut-on supposer que l'anticyclone tropical ne paraît pas devoir livrer passage sans résistance.

Journée du mardi 1er mars. — Cette journée du mardi gras va être décisive et les événements s'y compliquent singulièrement.

A Madagascar la variation barométrique en 24 heures montre une baisse insignifiante dans les ports du Nord. Antalaha, Diégo, Nosy-Bé, Majunga, Mayotte se tiennent entre 0.1 et 0.6. Puisque le cyclone ne se rapproche pas de ces régions, que même il s'en éloigne, on devrait observer une tendance à la hausse. Cette descente du baromètre, pour faible qu'elle soit, fait soupçonner que la dépression se creuse, et que son organisation s'accroît. Les lectures barométriques de midi confirment cette impression car le niveau du mercure continue à descendre plus vite que sous la seule influence de la marée; la variation en 24 heures est comprise en ces postes du Nord et du Nord-Ouest entre — 0.8 et — 1.3.

Le Plateau central est hésitant, tendant plutôt à la baisse. Mais dans le Sud un fait nouveau s'est produit, très caractéristique. Hier la pression y baissait faiblement : aujourd'hui elle remonte partout de façon nette. Mananjary pour lequel nous suivrons désormais les observations du *Condé* (C. H. P.), Farafangana, Tulear, y lisent des baromètres en hausse de 1 à 1 mm. 5, à 7 heures du matin. Tout au Sud la hausse en 24 heures atteint 2 mm. 1 à Fort-Dauphin. Nous assistons à un réveil de l'anticyclone. Au lieu de reculer devant la dépression, il fait front et même regagne du terrain. Que cette vague vienne du Sud-Est, cela ne fait pas de doute à nos yeux. Toujours Fort-Dauphin tient la tête. De 2 mm. 1 à 7 heures la remontée passera à 3 mm. à midi, à 5 mm. 1 à 18 heures, toutes choses inexplicables si la perturbation suit son cours habituel.

Farafangana et Mananjary suivent l'impulsion avec + 2.0, et plus au Nord Vatomandry, qui hésitait le matin, accuse + 2.5 de variation en 24 heures à midi et à 18 heures. Enfin ce refoulement gagne jusqu'à Tamatave comme il est visible sur le tracé du barographe du ss. *Catinat* (S. G. A.) mais ici la hausse est plus faible.

Dans cette journée du 1er mars, il semble donc qu'une vague de hautes pressions remonte la côte Est de Madagascar, en venant du Sud-Est, c'est-à-dire des régions que le cyclone devrait normalement traverser. Nous chiffrons son importance dans nos stations malgaches : elle est presque nulle sur la côte Ouest. Pour en mesurer la valeur il faudrait des observations faites en mer au large de Fort-Dauphin et au Sud de la Réunion. Ces observations nous ne les avons pas, et sans doute nous ne les aurons jamais, faute de navires traversant ce jour-là cette partie de l'Océan Indien.

Mais l'importance dynamique de la réaction indiquée par nos baromètres du Sud va se constater d'une autre manière : par l'effet qu'elle va produire sur le cyclone.

Nous l'avons laissé le 28 février au Nord-Nord-Est de la Réunion, et s'en rapprochant à l'allure déjà plus lente de 4 milles à l'heure environ. A Maurice nous remarquions que le baromètre stationnaire avec des vents virant assez régulièrement de l'Est au Nord-Est puis au Nord-Nord-Est semblait indiquer une trajectoire décrivant un arc de cercle autour de cette île, en passant du Nord à l'Ouest. Les lectures barométriques sont à 18 et 21 heures le 28 ce qu'elles étaient à 9 heures du matin, et un mouvement ascensionnel léger se manifeste à partir de minuit dans la nuit du 28 février au 1er mars. Le vent est alors au Nord-Nord-Est. Entre 6 heures et 9 heures du matin la hausse du baromètre se déclenche franchement, et l'on peut être assuré que le centre s'éloigne désormais de Maurice.

En décrivant son arc de cercle, il est venu un peu plus près de la Réunion : ici les baromètres sont en baisse continue, aussi bien à Saint-Denis qu'au Port : le style des barographes descend régulièrement depuis 22 heures le 28 jusqu'à 15 heures 30 le 1er mars. La marée haute du matin a disparu, il n'en reste qu'un fragment de palier. On ne peut tirer d'indication nette de la direction du vent, ni à la Pointe des Galets trop abritée, ni même à Saint-Denis insuffisamment dégagé. Les positions successives du centre ne pourront être déterminées avec quelque précision que si un ou plusieurs navires nous fournissent des renseignements sérieux. Ce sera le cas au cours de la journée. Le 1er mars vers 8 heures trois bâtiments à vapeur se trouvent en rade de la Pointe des Galets : *Chambord*, des Messageries maritimes, *Volsella* et *Seistan*. Le baromètre baisse et marque 743.6. Brises modérées et variables, mer grossissant et forte houle. Les bâtiments sont prévenus par les radios et par le port que le séjour sur rade va devenir dangereux. A 9 heures le vent semble s'établir au Sud-Sud-Ouest, mais de force 4 seulement. Les trois vapeurs lèvent l'ancre et chaque capitaine suit ses propres inspirations; incertains de la trajectoire suivie par le météore ils savent qu'il leur faut fuir le centre à tout prix.

Pour déterminer le relèvement actuel du dit centre, ils n'ont que la direction de la houle, du vent de surface et des nuages bas : trois choses qu'il faut trouver le plus tôt possible, car les observations faites sur rade de la Pointe ont été faussées par la proximité des écrans montagneux.

Les radios reçus de Maurice permettant de supposer que le cyclone passera à l'Ouest de la Réunion, le *Chambord* pousse vers le Nord pour reconnaître les trois éléments qui lui permettront de déterminer le relè-

vement du centre. A deux reprises il constate que son baromètre baisse rapidement quand on fait route au Nord, qu'il remonte si le bâtiment revient vers le Sud. De plus grosse houle d'Est-Nord-Est et vent de Sud-Est en ouragan vers 15 h. 30 m., baromètre à 737. Pas de doute le cyclone est à petite distance au Nord de la Réunion et paraît s'en rapprocher. Aussitôt la manœuvre classique est essayée : fuite vers l'Ouest, pour sortir du demi-cercle dangereux. L'effet escompté est obtenu : le baromètre remonte, faiblement, vent halant le Sud. Comme le bâtiment doit se rendre à Maurice, il revient progressivement vers sa droite, c'est-à-dire vers le Nord, contournant ainsi le centre. Cependant on constate à plusieurs reprises que baromètre et vent indiquent que l'on ne s'éloigne guère du centre. On court donc grand largue babord amures comme le prescrivent les instructions.

Mais par un phénomène imprévu, vers 23 h. 30 m., cap au Nord, on rencontre une nouvelle baisse barométrique avec vent violent de Sud-Ouest, comme si le centre, dévié de sa route primitive, se dirigeait maintenant vers l'Est-Nord-Est. Alors il faut encore une fois essayer de sortir du cercle dangereux, en poussant droit au Nord. Cette manœuvre fait passer à 2 heures du matin encore une fois près du centre de la tempête, baromètre 736, vent Ouest, mais on gagne de vitesse, on passe et à partir de 4 heures du matin le 2, tout danger conjuré, on peut revenir par degrés vers Maurice, où le bâtiment parvient sans encombre l'après-midi, ayant ainsi par deux fois conjuré le péril en appliquant strictement les règles usuelles.

Le *Volsella* a quitté lui aussi le mouillage de la Pointe des Galets pour fuir au large. Le capitaine s'éloigne de la côte, observe les vents, tire sans doute cette conclusion qu'il a le temps de passer devant le centre, et de sortir du demi-cercle dangereux pour atteindre le demi-cercle maniable. Il fait route vers l'Ouest, éprouvant en chemin des vents du Sud puis du Sud-Sud-Est. La manœuvre a donc réussi, favorisée du reste par le rebroussement singulier qui est en train de se produire dans la trajectoire de la tempête. En filant vers l'Ouest, le *Volsella* relève le cyclone à tribord derrière, avec tendance à remonter par le travers.

Cette indications tirée des vents est confirmée par le tracé des déplacements du centre. La pression sur le *Volsella* fut minimum vers 14 h. 30 m. et marqua 735. Reste enfin le *Seistan* qui va courir de réels dangers.

Ce navire a déradé vers 10 heures, et fait route à l'Ouest-Sud-Ouest pour observer les vents et prendre une décision. Dès qu'il sort de l'abri de la côte, la mer devient méchante. Le baromètre reste stationnaire : donc la route suivie ne court pas rapidement vers le centre. Mais les vents sont au Sud-Sud-Ouest, force 8 à 9 et fraîchissent sans changer d'orientation. Ceci semble indiquer que le navire fuit presque exactement devant le centre et qu'il ne s'en éloigne guère. Il risque d'être rejoint si l'état de la mer l'oblige à ralentir tant soit peu sa machine.

A 13 heures le *Seistan* fait route au Sud-Sud-Ouest. Le baromètre est à 741 à 13 et 14 heures, et montre ensuite une légère tendance à remonter : 743.3 à 16 heures. Le vent, toujours Sud-Sud-Ouest, souffle maintenant en violente tempête, et sa force est estimée entre 10 et 11 de l'échelle de Beaufort, sur le journal de bord du capitaine Inglis.

Celui-ci sent alors qu'il faut tenter quelque chose pour sortir de cette zone dangereuse. La route Sud-Sud-Ouest que suivait son navire trop hasardée pour un vapeur à marche lente, si la trajectoire du cyclone était restée le 1er mars ce qu'elle était la veille, s'éloignait en réalité du centre et le baromètre ne trompait pas. Mais à cette heure le cyclone se creusait rapidement, acquérait une force extraordinaire et telle devait être la raison de cette recrudescence des vents d'ouragan.

Le 1er mars à 17 heures, le capitaine du *Seistan* trouve que l'amélioration produite par sa fuite au Sud-Ouest n'est pas suffisante : le baromètre a bien remonté de 2 millimètres, mais les vents ont forcé sans changer de direction. Il croit devoir tenter une autre épreuve, et modifiant encore une fois sa route, met le cap au Nord-Nord-Ouest; il est à ce moment à 25 ou 30 milles au Sud-Ouest de la Réunion. On espère qu'ainsi le navire fatiguera moins, n'ayant plus à lutter contre le vent debout, et, recevant la mer plus près de l'avant, il aura moins de peine à gouverner.

Cependant cette décision est fâcheuse, et le *Seistan* le constatera à ses dépens : en courant au Nord-Nord-Ouest il va se jeter au devant du centre du cyclone.

En effet si nous résumons les données recueillies dans cette journée du 1er mars, elles peuvent se résumer ainsi.

Depuis la veille le cyclone ne s'est pas rapproché de Maurice, et sa trajectoire vers le Sud-Ouest doit le faire passer près de la Réunion; de fait la pression diminue dans tous les points de l'île, et les navires prennent la mer. Mais les barographes accusent un minimum vers 16 heures et remontent ensuite aussi vite qu'ils sont descendus. C'est ce qu'indique le tracé de l'instrument à Pointe des Galets. A partir de ce moment il devient évident que le centre du cyclone s'éloigne de la Réunion, et ceci n'est explicable que par un changement dans la trajectoire.

Le *Chambord* et le *Volsella* ont échappé à la tempête en suivant l'un et l'autre des itinéraires très différents et le *Chambord* s'est trouvé plus près probablement du danger.

La route suivie par le *Seistan* entre 10 et 17 heures l'éloignait du tourbillon, et cependant les vents éprouvés par ce navire croissaient en force, passant de 8 à 11, sans cesser de souffler du Sud-Sud-Ouest. Nous croyons bien voir ici l'indication que le tourbillon se creuse, modifie son organisation intérieure, devient particulièrement violent.

Faut-il nécessairement faire coïncider cet approfondissement avec la déviation de la trajectoire? Il est bien difficile de spécifier à quel moment les transformations ont commencé. Pour assigner du 28 février au 1er mars un arc de cercle à l'ouest de Maurice au chemin parcouru par le centre, on s'est basé surtout sur la stabilité du baromètre de l'observatoire *Royal Alfred* : or cette stabilité pourrait peut-être s'expliquer aussi par l'éloignement progressif et lent d'un cyclone en train de se creuser, et dans cette hypothèse le coude fait par le

météore au large de la Réunion s'arrondirait quelque peu, serait moins brusque. En fait les observations du *Chambord* sont concluantes et précisent que le rebroussement s'est opéré entre 11 heures et 17 heures.

L'apparition en cette matinée du mardi gras d'une poussée bien nette d'anticyclone sur toute la partie Sud-Est de Madagascar, révèle qu'un obstacle se dresse dans l'Océan Indien, et s'oppose à la progression normale du cyclone vers le Sud. Ce mur de hautes pressions doit être responsable de la déviation de la trajectoire. En le heurtant sans succès le cyclone ralentit son avance, se concentre. Nous allons maintenant le voir repartir de plus belle vers des rivages où on ne l'attend pas.

Journée du mercredi 2 *mars.* — Le baromètre de Maurice continue à remonter, ceux de la Réunion sont en hausse rapide et continue. Il est bien évident que le danger n'est plus là. Le cyclone a dévié quelque part vers l'Ouest, et c'est entre les Mascareignes et Madagascar qu'il faut le rechercher et le suivre.

Le *Seistan* qui croit l'éviter en faisant route au Nord-Nord-Ouest est toujours aux prises avec un vent Sud-Sud-Ouest de force 10 à 11 et une mer complètement démontée. Le baromètre est stationnaire avec légère tendance à la hausse. On lisait 743.3 à 17 et 18 heures, 744 millimètre à 20 et 21 heures. Les rafales ont fléchi à la force 9 à 10 mais la mer est terrible; elle gêne si bien le travail dans la chaufferie que voici la pression qui manque à la chaudière, et à partir de 20 heures le navire ne gouverne plus. Son avant se maintient à peu près tourné vers l'Ouest-Nord-Ouest, la houle énorme le soulève, et de grosses lames balaient le pont, causant des avaries.

Ne pouvant rester ainsi le jouet de la tempête, le capitaine fait encore un effort. Vers trois heures du matin le 2 on a réussi à pousser de nouveau les feux, on vire de bord tant bien que mal et le cap est mis au Sud-Est. Cette fois on se jette au cœur même de la tourmente. Toujours ces mêmes rafales de Sud-Sud-Ouest, mais le baromètre descend. A 3 heures on lisait 742.5, à 6 heures il ne marque plus que 738 et à 9 heures 737.3 : visiblement on approche du centre.

A Madagascar on éprouve des inquiétudes. Le télégraphe annonce qu'un cyclone est sur la Réunion depuis le 1er mars à 16 heures et cette nouvelle, partiellement inexacte, n'éclaircit pas la situation. La mer est dure, la houle grosse à Mananjary, où le *Condé* (CHP) subit une brise du Sud quart Sud-Ouest à grains, de force 6 environ. A Tamatave les apparences sont franchement mauvaises, la mer grossit, il vente grand frais de Sud-Sud-Est, grand frais également mais de Sud-Sud-Ouest, à Sainte-Marie, mais surtout l'aspect du ciel, la barre de nuages entre Est et Sud-Est ne trompe pas les observateurs expérimentés. Tananarive est encore hors de portée du météore. Une seule chose peut être affirmée, avec les renseignements dont on dispose, et l'Observatoire en fait part par téléphone : un cyclone existe entre la Réunion et Tamatave, probablement celui dont le câble signale la présence à la Réunion, et l'on ignore quelle trajectoire il suit.

Normalement il ne devrait intéresser que le Sud, soit que l'inflexion se produise au voisinage des Mascareignes, soit qu'elle tarde à se prononcer, et dans ce cas Farafangana ou Fort-Dauphin seront seuls menacés.

Circonstance troublante! La hausse barométrique si franche le 1er mars pour toute la moitié méridionale de Madagascar continue le 2 et paraît même s'accentuer.

En effet à 7 heures du matin la variation de pression en 24 heures accuse une hausse de 4.9 à Fort-Dauphin, 2.5 à Farafangana, elle mesure même 5.3 à bord du *Condé* au mouillage de Mananjary, 2.0 à Vatamandry et quoique plus faible elle est encore perceptible à Tamatave. Le mur existe donc toujours sur la route présumée du cyclone, et les pronostics doivent être réservés.

Sur rade de Tamatave de nombreux navires se croient à l'abri : il est sans exemple jusqu'ici qu'un cyclone ait remonté de la Réunion vers Tamatave. Jamais anomalie aussi forte dans la trajectoire n'a été constatée à Madagascar. Ces navires sont habitués à chercher la menace entre le Nord et l'Est, or la tempête est au Sud de ce quartier, on relève son centre à l'Est-Sud-Est. La houle cyclonique est masquée en rade par la barrière des récifs : il faudrait pour l'observer, aller tout au bout de la Pointe Hastie ou du côté de l'usine frigorifique de la Rochefortaise, L'Observatoire, dont les instruments ne sont pas encore influencés par le tourbillon, n'a reçu que des renseignements insuffisants et quelques-uns erronés. Et cependant le péril est proche : l'*Elisabeth*, le *Bereziky*, l'*Amanda*, la *Sainte-Anne*, le *Catinat* s'ils étaient alertés seulement à midi, auraient encore le temps de fuir, de gagner le Nord.

Et la *Ville de Marseille* qui, confiante, vient dans la soirée s'abriter en rade, n'aurait qu'à continuer sa route....

L'Observatoire attend, anxieux, des renseignements qui n'arrivent pas, et dans l'après-midi il est déjà impossible de communiquer par téléphone avec Tamatave.

Dans cette matinée du 2 mars, il est facile après coup de placer le centre de la dépression : les rapports du *Seistan* y suffiront, d'autres observations fournissent d'ailleurs des recoupements.

Tant qu'il a fait route au Nord-Ouest ou à l'Ouest-Nord-Ouest, ce bâtiment s'est déplacé parallèlement à la trajectoire du cyclone, et les positions relatives du *Seistan* et du centre n'ont pour ainsi dire pas varié : baromètre et vents sans changement.

Marchant maintenant au Sud-Est-quart Est d'après son journal de bord, le malheureux capitaine voit dégringoler son baromètre, et surtout à partir de 9 heures du matin l'ouragan atteint le degré 12, maximum de l'échelle de Beaufort. De 737.3 à 9 heures le baromètre tombe à 730.5 à midi. Le point estimé à ce moment est latitude Sud 19° 54′ longitude Est 53° 42′. L'incertitude de cette appréciation doit être forte, étant données les péripéties de la nuit, et la dérive inconnue. Nous ne serions pas étonnés si la position réelle du *Seistan* à midi était un peu plus au Nord-Ouest qu'il n'est indiqué : mais toute vérification est et restera impossible. Si la trajectoire du cyclone était une ligne droite, l'erreur sur la position estimée du *Seistan* se chiffrerait par 20 milles environ.

Après-midi du 2 *mars.* — Le baromètre descend toujours : 729 à 14 heures. A ce moment le vent tourne rapidement du Sud-Sud-Ouest à l'Est-Sud-Est soit 90°. Le centre du cyclone n'est donc pas loin. A 15 heures le minimum est atteint, 726 millimètres, puis enfin la hausse rapide.

Mer et vent, au témoignage du capitaine, ne peuvent plus être appréciés par les échelles conventionnelles : il y faudrait des degrés supplémentaires; observation très juste en ce qui concerne la vitesse du vent et qu'on pourra refaire demain à Tamatave.

Le centre du cyclone est donc passé vers 15 heures à quelques milles à peine au Nord du *Seistan.* Si le météore n'a pas subi de modification intense du 2 au 3 mars, on peut rapprocher ces chiffres de ceux du port de Tamatave et du *Catinat* et placer le centre du cyclone le 2 mars à 15 heures à 8 ou 10 milles au Nord de la position du *Seistan.*

Nous laisserons maintenant le *Seistan* lutter avec le vent et la mer sur l'arrière du centre du cyclone. Le bateau continue à être brutalement secoué jusqu'à 3 heures du matin le 3. A ce moment la brise mollit en halant le Sud, puis s'établit à l'Est-Nord-Est. On pourrait recueillir encore un détail sur le journal de bord du capitaine Inglis.

A midi le 3, heure où le centre passe sur Tamatave, le *Seistan* se trouve par 19° 24′ de latitude et 53° 30′ de longitude, et le baromètre est remonté à 749, vent Est-Nord-Est. Ceci pourra donner une idée du gradient à l'intérieur du cyclone. Entre le *Seistan* et Tamatave la distance est 260 milles le 3 à midi.

Déjà l'après-midi du 2 avait convaincu certains vieux praticiens de la côte que la menace de forte tempête était imminente. Dans le sud de Madagascar le baromètre ne baisse pas encore, mais la tendance à la hausse s'affaiblit partout.

Le paquebot *Général Duchesne*, des Messageries Maritimes, venant de Diégo-Suarez, est attendu à Tamatave pour le 3 matin. Le bâtiment se trouve dans l'après-midi du 2 par le travers du cap Est, à la hauteur de Maroantsetra. Son capitaine note que la courbe barométrique est régulière, mais le ciel uniformément gris avec cirro-stratus bien marqués et surtout la présence d'une grosse houle de Sud-Sud-Est, sans rapport de direction avec le vent, qui souffle du Sud-Sud-Ouest force 4, laissent supposer l'approche d'une dépression. Au cours de l'après-midi le baromètre commence une baisse lente, la brise toujours du Sud-Sud-Ouest fraîchit rapidement, les grains deviennent fréquents et violents, la houle de Sud-Sud-Est déjà très grosse s'accentue de plus en plus. Il n'est plus douteux qu'un cyclone s'approche.

Nous ferons remarquer par parenthèse combien la connaissance de ces observations eût été précieuse pour le Service météorologique de Tananarive. La transmission par T. S. F. restait possible, et ces détails, levant toute incertitude, auraient provoqué un avertissement immédiat par radiotélégraphie. Les gros vapeurs avaient encore à ce moment la possibilité de fuir, et *Ville de Marseille* celle de ne pas entrer dans la rade menacée.

La variation barométrique en 24 heures accuse une légère tendance à la baisse pour toutes les stations au Nord du 20° de latitude, mais sans modification d'allure.

A Tamatave vers 16 heures la mer a encore grossi, le vent est Sud-Sud-Ouest fort, l'horizon barré de la panne cyclonique, l'aspect sombre, les oiseaux de mer nombreux se réfugient à terre.

Un observateur bénévole tente vainement de téléphoner cette information à Tananarive. De là encore on pouvait inférer la présence d'un centre de dépression à l'Est-Sud-Est de Tamatave, se rapprochant visiblement de la côte.

Sur les barogrammes du *Catinat* et de *Ville de Marseille*, la marée barométrique du soir est encore nettement marquée, plus basse de 2 millimètres que celle du matin. Les capitaines connaissent peut-être trop bien les traités de cyclonomie. Les auteurs répètent souvent que l'altération de la marée barométrique en pareille circonstance est l'indice de l'approche du centre. Comme d'autre part beaucoup de grands cyclones malgaches se déplacent plutôt lentement, les marins trop confiants dans les règles pratiques ordinaires, attendent la déformation de la marée pour agir. Cette fois il sera trop tard : la tactique eût encore été suffisamment sûre il y a trois jours; elle ne l'est plus maintenant, car les caractéristiques du tourbillon se sont modifiées, son centre s'est creusé brusquement, et la vitesse de translation a plus que doublé depuis le 28 février.

Sur rade de Tamatave, un seul capitaine est assez convaincu de l'imminence du danger pour tenter un appareillage prompt dans l'après-midi du 2 : c'est le marin qui commande le voilier mixte *Bereziky.* Un accident banal l'arrête : ancre engagée dans des chaînes de corps morts.

Il faut remettre la manœuvre au lendemain matin et ce délai sera fatal au petit bâtiment, dont seul un passager pourra être sauvé, cramponné à une épave.

Journée du 3 mars. — C'est la date tragique pour Madagascar.

Vers une heure du matin, le *Général Duchesne* se trouve par le travers de l'île Sainte-Marie. Le baromètre en descente rapide a baissé de cinq millimètres depuis 10 heures du soir, forte brise de Sud-Sud-Ouest, grains violents, la houle de Sud-Sud-Est devient énorme. Le capitaine ralentit sa marche pour déterminer le relèvement du centre. A 4 h. 45 le vent à rafales hale rapidement l'Ouest : le centre va donc passer au Sud du navire, qui n'en est plus très éloigné. Aussi le capitaine qui juge sainement de la situation, vire de bord sans hésiter, et s'éloigne vers le Nord-Nord-Est à toute vitesse. Cette sage manœuvre est couronnée de succès; au bout d'une heure le baromètre ne baisse plus, les grains deviennent moins violents, la mer moins grosse, la brise hale franchement le Nord, le danger est passé, et l'on peut remettre le cap sur Tamatave à vitesse réduite. Une judicieuse application des règles a préservé le *Général Duchesne* de toute avarie.

Au mouillage de Mananjary, donc au Sud du cyclone, la capitaine du *Condé* (C. H. P.) voit son baromètre en baisse lente après le maximum de la soirée du 2; à l'heure de la remontée habituelle du matin, constatant que la marée ne se fait pas, et que la descente est seulement ralentie, recevant de plus une forte brise de Sud-Ouest à rafales, avec mer grosse, et houle d'Est-Sud-Est, le capitaine quitte la rade à 5 heures du matin, et prend le large pour pouvoir manœuvrer. La houle d'Est-Sud-Est persiste, la brise fraîchit encore jusqu'à la force 7 mais tourne progressivement par le Sud au Sud-Sud-Est à 8 heures, au Sud-Est vers 10 heures, à l'Est-Sud-Est l'après-midi. L'officier comprend que le centre du cyclone passe au Nord de son navire sans se rapprocher

de lui. Il prend la précaution d'échanger par T. S. F. les observations météorologiques avec le *Duchesne*, qui lui, se trouve au Nord du centre, capte les radios d'alarme enfin lancés.

La rotation progressive du vent continue vers l'Est puis l'Est-Nord-Est; le baromètre remonte à partir de 14 heures, la vitesse des rafales mollit et la houle tombe un peu. Décidément le cyclone a passé dans la matinée du 3 mars entre le *Duchesne* et le *Condé*, entre Mananjary et Sainte-Marie, et le *Condé* peut le 4 se porter au secours des camarades de Tamatave.

Pour l'étude détaillée des manifestations cycloniques à Tamatave une documentation abondante a pu être réunie; les agents généraux des Compagnies *Havraise péninsulaire* et *Messageries maritimes* ont bien voulu nous communiquer les rapports de leurs capitaines, ainsi que les calques des barogrammes; la Direction des Travaux publics nous a transmis les renseignements recueillis par le lieutenant de port; M. Pignéguy nous a fait bénéficier des observations que sa longue expérience de la météorologie locale rendrait précieuses; enfin nous avons pu nous livrer sur place à des investigations personnelles, examiner longuement les dégâts produits par le vent et la mer, noter les directions successives des arbres ou édifices renversés, visiter des épaves et interroger de nombreux témoins, qui tous ont répondu avec la meilleure grâce à nos questions.

A tous ceux qui ont facilité nos recherches nous exprimons ici nos remerciements. Nous verrons tout à l'heure quelles profondes différences présentent les barogrammes du bureau du port, de *Ville de Marseille* et du *Catinat* au moment du passage du centre. Les distances assez faibles qui séparaient ces trois points nous montreront que le gradient est extraordinaire. Il faut pour tirer parti de ces enregistrements essayer au préalable de vérifier l'étalonnage des trois instruments.

Nous le tenterons de la manière suivante : un seul baromètre à mercure, modèle Tonnelot à large cuvette, nous est connu à Tamatave. Il était placé dans les bureaux des Travaux Publics; nous l'avons soigneusement vérifié sur place après le cyclone, par comparaison avec un baromètre Fortin, et par des mesures à l'hypsomètre en utilisant deux thermomètres différents; nous connaissons ainsi l'erreur instrumentale et la correction pour réduction au niveau de la mer.

Nous connaissons les lectures faites sur le baromètre à mercure à 7 heures du matin le 1er et le 2 mars. En les comparant aux barogrammes du port et du *Catinat* on adoptera les corrections suivantes. Pour le barographe du port, les valeurs inscrites doivent être diminuées de 3 millimètres. Le barographe du *Catinat* est correct, mais le mouvement d'horlogerie avance de 30 minutes. *Ville de Marseille* n'est arrivée sur rade que le 2 à 17 heures, comparant son barogramme aux deux précédents; on constate que le mouvement d'horlogerie n'étant pas réglé sur l'heure locale, les heures doivent être diminuées de 3 unités et les hauteurs de 1 millimètre environ.

Ce sont ces corrections que nous appliquons dans le présent texte. Le barogramme du port montre encore que la plume est trop fortement appuyée sur le papier : le diagramme manque de finesse, et le style est paresseux.

La marée barométrique du 2 mars entre 20 et 21 heures est visible quoique faible. Hauteur 753.5. Le baromètre est en baisse très lente depuis 9 heures du matin. A partir de 22 heures il commence une descente plus rapide, indice d'une perturbation dans le voisinage.

A bord des navires les chaudières sont en pression, le quart fait comme à la mer. Cette première indication de baisse ne passe pas inaperçue. On attend des nouvelles de T. S. F. sans savoir que l'observatoire de Tananarive ne pouvait à cette époque recevoir des messages de nuit, et que les communications par fil sont déjà interrompues entre la capitale et le port.

L'appareillage de nuit est pratiquement impossible par temps bouché, car l'embarcation chargée de l'allumage du feu de la passe Sud-Est n'a pu se rendre à la bouée lumineuse à cause du vent et de la mer.

Vers 3 heures du matin la houle et les vagues peuvent entrer directement en rade par la passe Sud-Est. Les bâtiments n'ont encore que la ressource de filer le plus de chaîne possible sur leurs deux ancres et d'égaliser les touées. La brise de Sud-Sud-Ouest à rafales fraîchit considérablement.

Au jour, vers cinq heures, le baromètre a déjà baissé de 4 millimètres, et le vent dont la direction ne change pas, est extrêmement violent. Le centre du cyclone est à l'Est-Sud-Est, se rapprochant très vite. Goélettes, voiliers, batelage, qui ne peuvent songer à sortir, renforcent leurs amarres. La mer déferle avec force sur les récifs et jusque sur le quai de protection. Les gros vapeurs ne croient plus l'appareillage possible. L'*Amanda* et le *Beriziky* le tentent cependant, leurs ancres ne tenant pas; on ne les a plus revus.

A 8 heures le baromètre est déjà à 746 et commence la chute à pic. Le vent est toujours Sud-Sud-Ouest, la mer déchaînée, l'horizon se bouche sous l'effet de la pluie, les goélettes chassent sur leurs ancres, vers le Nord, et *Ville de Marseille* mouillée derrière l'abri du grand récif, au point recommandé par les Instructions nautiques embarque un fort paquet de mer.

Maintenant les aggravations se précipitent.

A 8 h. 30 les rafales violentes commencent à venir du Sud. En ville tuiles et tôles des toitures sont arrachées, la mer devient effrayante.

Cependant les marins ne signalent pas cette saute de vent. A 9 heures la pluie est torrentielle, toute visibilité a disparu, les navires chassent en rade sans se voir, et sont emportés par la passe Nord, entre la côte et le grand récif, en direction de l'îlot aux Prunes. *Ville de Marseille* tient toujours, grâce à l'abri du grand récif qui brise en partie les lames. La brutalité du vent cause des avaries, arrache les prélarts qui couvrent les panneaux, pluie et eau de mer pénètrent dans les cales. Le capitaine de *Ville de Marseille* estime à huit nœuds la vitesse du courant portant au Nord et créée par le vent de cyclone.

A partir de ce moment il est impossible de chiffrer exactement la vitesse du vent. Aucun instrument ne la mesure. D'après les effets produits, édifices décapités, déformés, arbres arrachés ou surtout brisés, on peut l'évaluer à près de 180 kilomètres à l'heure, 50 mètres à la seconde. Il n'y aura plus d'accalmie jusqu'au passage

du centre. Le *Catinat*, énorme cargo de plus de 10.000 tonnes, très allégé par le déchargement d'une grande partie de ses cales, présente au vent un fardage considérable : mouillé sur deux ancres, il fait encore machine en avant et malgré cela chasse par la passe Nord, causant des avaries graves à *Ville de Marseille* qui se trouve sur sa route; la mer déferle sur son pont.

A 9 h. 30, le raz de marée atteignait le parapet du boulevard, de fortes lames venaient s'y briser, quais et terre-pleins étaient inondés. Les habitants de la pointe Hastie fuyaient devant l'envahissement de leurs maisons par la mer, et le niveau de l'eau continuait à monter, pour atteindre son maximum seulement à 14 heures, soit 2 m. 80 au-dessus de la ligne de pleine mer, ou 3 m. 16 au-dessus du niveau moyen de la mer (chiffres donnés par le lieutenant de port).

Nous n'avons pas à décrire les ruines causées par la tempête, le quartier de la pointe Hastie balayé par le raz de marée, des chalands transportés en pleine rue ou sur les boulevard, etc.

D'après les objets renversés dans cette première partie de l'ouragan, il y eut deux directions de rafales, soit successives, soit peut-être alternatives : ce sont le Sud-Sud-Ouest et le Sud ou le Sud-quart-Sud-Est; ce détail a fait l'objet de plusieurs vérifications à la boussole, soit sur des arbres isolés, sur des murs découronnés, ou sur les monuments funéraires du cimetière.

Le baromètre atteignait son minimum quelques minutes avant midi. A ce moment se produit l'accalmie, qui a duré vingt ou vingt-cinq minutes; nous disons accalmie et non calme, car il y eut encore des brises folles venant un peu de toutes les directions; les témoins notent une éclaircie dans le ciel, où le soleil brille un instant. La visibilité horizontale n'est cependant que très relative : 2 milles à peu près, dit le capitaine du *Catinat* car il ne voit pas l'îlot aux Prunes, qui n'est guère à ce moment plus éloigné.

Le mouvement de pompe du baromètre est très fort. Autant qu'on peut en juger sur des barogrammes la remontée a commencé presque aussitôt, c'est-à-dire au bout d'un quart d'heure à peine, peut-être moins. La reprise de vent s'est faite tout à coup au Nord-Nord-Est; un observateur sérieux dit cependant à l'Est, puis au Nord-Est en ville.

Quant à la force, elle est véritablement terrifiante. On peut estimer que la vitesse du vent à 10 mètres au-dessus du sol atteint 180 à 200 kilomètres à l'heure, 55 mètres à la seconde. Bien peu d'édifices lui résistent, dans cette ville de Tamatave, composée de petites maisons en bois, ou de ces constructions coloniales, à légère charpente en fer et rez-de-chaussée surélevé, qui ressemblent à des sauterelles sur le point de s'élancer.

Quelques bâtiments mieux construits résistent, et parmi eux les habitations en bois charpentées à l'ancienne mode créole, en bois de fer fortement entretoisé, et recouvertes en bardeaux de bois dur. Quelques-uns des navires qui avaient appareillé ou chassé sur leurs ancres ont sombré en pleine mer, l'*Amanda* par exemple, disparu corps et biens, ou le petit *Beriziky* dont les mâts émergent aux environs de l'îlot aux Prunes.

Les autres flottent encore au moment du passage du centre, les vents du Sud-Sud-Ouest et du Sud ne portant pas à terre. A la renverse de l'ouragan, les vents de Nord-Est vont infailliblement les jeter à la côte, le *Catinat* auprès de l'embouchure de l'Ivoloina, un peu plus au Sud le *Sainte-Anne*, échoué et brisé, le voilier *Elisabeth* reposant sur la terre, un chaland qu'on voit en passant dans l'intérieur des terres.

A Tamatave le baromètre remonte plus vite encore qu'il n'était descendu. 18 millimètres de hausse entre midi et quatorze heures. L'ouragan souffle jusque vers 15 h. 45, puis s'apaise progressivement et à 17 heures tout était pratiquement terminé, le baromètre à 747 et remontant toujours.

Le centre du cyclone est donc passé très près de Tamatave par le Nord, venant de l'Est-Sud-Est et continuant sa route vers l'intérieur de Madagascar, à l'Ouest-Nord-Ouest. Cherchons à préciser davantage si possible.

Sur la pointe Hastie, le barographe de l'officier de port, lecture rectifiée, marque 720.5; son style est un peu paresseux, mais secoué par les coups de pompe.

A 2 kilomètres plus au Nord, la *Ville de Marseille* s'est échoué l'avant à terre entre le Wharf et la pointe Tanio. Ici le barogramme rectifié porte 715 au point le plus bas, soit une différence en moins de 5 mm. 5 pour un mille marin; presque en face du navire, dans le bâtiment des Travaux publics, le baromètre à mercure aurait indiqué 710 non corrigé, ce qui correspondrait à environ 707.5 avec la correction de température. Cette lecture n'est connue que de seconde main, et sans doute un peu approximative, d'autant que le niveau du mercure n'était guère stable et les murailles en bois fortement secouées avant l'accalmie. Enfin le *Catinat* que la dérive a entraîné, remorquant son ancre babord au jas brisé, se trouve à l'instant de l'accalmie entre l'îlot aux Prunes et l'embouchure de l'Ivoloina, soit à 12 kilomètres en chiffres ronds de la Pointe Hastie. Sur ce bâtiment la baisse de pression est plus forte encore, et le style du barographe tombe au-dessous de la feuille de papier, dont la tranche inférieure correspond à 715; sur les deux anéroïdes du bord on a lu respectivement 702 et 705 millimètres. Nous croyons que ce dernier chiffre paraît plus voisin de la réalité; en superposant les tracés des barogrammes du *Catinat* et de *Ville de Marseille* on arrive à 707 pour *Catinat*, par un procédé très imparfait. Faute de mieux nous adoptons 705 comme valeur la plus probable. C'est donc par comparaison avec le port, une différence de 15.5 millimètres pour une distance de 6 milles à 6.5, gradient de 2.5 par mille environ. Par rapport à *Ville de Marseille* la différence est 10 millimètres pour 5 milles, gradient 2 millimètres par mille. Si la lecture du baromètre des Travaux Publics n'était douteuse, on en déduirait un gradient sensiblement plus faible.

Quoi qu'il en soit, le centre est donc passé au Nord de Tamatave, probablement sur l'îlot aux Prunes et le *Catinat*. La possibilité d'un passage plus Nord ne peut être écartée par des lectures barométriques : elle l'est par l'inspection minutieuse de la zone dévastée, dont l'extension au Nord de Tamatave est plutôt réduite, et à frontière apparente parmi les arbres du littoral.

Cherchons maintenant la direction exacte de la trajectoire, la vitesse de translation, et le gradient horaire,

ce dernier étant le quotient de la valeur de la baisse en une heure par le nombre de milles marins parcourus dans cet intervalle par la tempête.

Nous avons vu plus haut que le point porté par le journal de bord de *Seistan* le 2 mars à 12 heures est 19° 54′ Sud, 53° 42′ Est; le centre n'est passé à 10 milles au Nord du navire qu'à 15 heures, mais le bâtiment se maintenait simplement avec sa machine sans faire route. Le 3 mars à 12 heures le centre passe à l'îlot aux Prunes, dont les coordonnées approximatives sont 18° 05 Sud et 49° 25′ Est. En prenant une table de loxodromie, très suffisante pour le but poursuivi, on trouve que du 2 mars à 15 heures au 3 mars à 12 heures le centre a parcouru 275 milles au Nord 68 Ouest c'est-à-dire à l'Ouest-Nord-Ouest : vitesse horaire 13 milles, un peu plus de 24 kilomètres à l'heure. A bord du *Catinat* la baisse barométrique est de 43 millimètres en 6 heures (de 6 h. à 12 h.). D'où un gradient horaire de 7 mm. 16 : 13 = 0 mm. 55. On admet généralement que l'ouragan est destructeur lorsque le gradient dépasse 0 mm. 25 : or le 3 mars nous observons une valeur double, la plus forte qui ait jamais été notée sur l'Océan Indien, puisque le record était détenu jusqu'ici avec 0.39 par le cyclone du *Salazie* (Diégo, 24 novembre 1912). Pour le monde entier nous ne connaissons que deux ouragans de Floride qui aient présenté un plus fort gradient.

Par ailleurs le cyclone de Tamatave semble avoir plus d'un point de ressemblance en ses éléments avec le terrible ouragan qui a ravagé la Floride, et la ville de Miami en particulier le 18 septembre 1926, nous croyons cependant que la tempête malgache avait un diamètre sensiblement plus restreint que l'américaine, basant cette opinion sur l'influence très localisée qu'elle exerça sur le baromètre, en dehors de la partie centrale.

Mais Tamatave et la bande côtière des Pangalanes ne sont pas seuls à subir la tourmente : le tourbillon continue sa route en ligne presque droite, escaladant les pentes boisées qui défendent l'accès de l'intérieur du pays. Entre le littoral et le lac Alaotra la première chaîne longitudinale, recouverte de forêts, présente un obstacle dont l'altitude moyenne dépasse 1,000 mètres. Le cyclone va le franchir entre les vallées de l'Ivondro et de l'Onibé, sans qu'on puisse préciser le rôle joué par ces deux voies de pénétration, qui encadrent le tourbillon plutôt qu'elles ne le guident.

A vol d'oiseau la distance de Tananarive à Tamatave est 220 kilomètres environ. Le grand barographe amplificateur de l'Observatoire ne commence à indiquer une baisse lente que le 3 mars à 4 heures du matin. La marée haute du matin est retardée et déformée : son amplitude atteint à peine 0 mm. 8 au lieu de 2.3 la veille. L'aspect du ciel gris et pluvieux présage le cyclone, les vents, faibles encore, hésitent à se fixer. Un premier avertissement de tempête est lancé dès l'ouverture des bureaux, mais on n'a aucune nouvelle de la côte Est, et il faut se borner à extrapoler le renseignement reçu la veille, qui plaçait le cyclone sur la Réunion. On sait combien cette indication était erronée.

Elle devait faire pronostiquer un prolongement de la trajectoire vers le Sud de Madagascar.

Vers 9 heures il devient évident que la marée barométrique restera complètement anormale, et la girouette oscille par rafales entre le Sud-Ouest et le Sud, brise de 5 mètres par seconde environ.

Les communications par fil sont maintenant interrompues avec Tamatave, Vatomandry, Maroantsetra.

Réduit ainsi à ses seules ressources l'Observatoire lance aussitôt un deuxième avertissement : il devient clair qu'une menace sérieuse existe pour la région de Tamatave à Sainte-Marie. On ne connaît encore ni le diamètre du cyclone, ni sa trajectoire, mais l'allure des variations à Tananarive laisse entrevoir un météore de diamètre restreint, à déplacement rapide.

A partir de 9 heures 30 minutes le barographe de l'Observatoire descend sans arrêt à raison de 1 millimètre par heure. La brise fraîchit assez lentement.

Les lignes télégraphiques du Nord sont maintenant rompues, la T. S. F. de Tamatave dont le pylône s'est effondré ne répond pas aux appels. Il faut de grands efforts et des détours pour essayer d'atteindre le paquebot *Général Duchesne*, qui, heureusement, a manœuvré sans attendre l'avertissement par sans fil.

Tous les instruments enregistreurs fonctionnent à plein rendement; grâce au statoscope Richard qui amplifie vingt-cinq fois les rapides variations de pression, les moindres rafales s'inscrivent. Très vite on sent que la tempête aborde les hauteurs et les pronostics sont téléphonés heure par heure aux services intéressés. On peut annoncer au début de l'après-midi que la partie Sud du lac Alaotra est directement menacée, puis que le cyclone passera à une distance rassurante de Tananarive par le Nord. Les rafales de vents deviennent violentes vers 15 heures, et le barographe pompe vigoureusement, tandis que le vent tourne du Sud-Ouest au Sud-Est. Le tourbillon franchit la crête montagneuse, et parvient au lac Alaotra, dans une profonde et large déclivité longitudinale où sa violence trouve à s'exercer sans résistance. Toute la cuvette du lac, et les villages riverains depuis Ambatondrazaka jusqu'à Imerimandroso sont dévastés. La légèreté des matériaux employés dans les constructions sous un climat encore chaud explique que rien ne résiste aux rafales, déjà moins violentes cependant que sur la côte.

Le météore aborde enfin la deuxième assise du Plateau Central, dont l'altitude moyenne est d'à peu près 1,200 mètres.

A Tananarive le minimum barométrique s'inscrit vers 17 h. 30 m. et les vents, soufflant par rafales courtes, font quelques dégâts matériels aux arbres, aux toitures, aux lignes aériennes; la durée de la tempête est de deux heures et demie à trois heures seulement, la vitesse du vent se tenant en moyenne à 19 mètres par seconde, avec quelques maxima constatés de 30 à 35 mètres. La chute de pression est 7 millimètres en 9 heures.

A 18 heures on peut localiser le centre du cyclone grâce aux observations conjuguées de l'observatoire et d'un correspondant bénévole situé à 240 kilomètres au Nord-Est de Tananarive, près de Tsaratanana de la province de Maevatanana.

La pression à Tananarive correspond à 747.8 au niveau de la mer, avec toute l'incertitude que comportent

les réductions lorsque l'altitude est 1,400 mètres. A Tsaratanana elle serait 737.6. Ceci et la direction des vents aux deux localités, place le centre à 160 kilomètres au Nord de Tananarive. La trajectoire s'infléchit donc légèrement vers le Sud.

Après ce passage à la plus courte distance de Tananarive, le chemin parcouru par la tempête devient à peu près insaisissable avec les moyens dont nous disposons. Les stations munies de baromètres sont très rares à cette époque dans le voisinage de la zone traversée, et nous ne possédons plus que des lectures directes à 7 h. 12 et 18 heures, alors que des barogrammes continus pourraient seuls nous renseigner. En effet les stations de la côte Nord-Ouest, d'ailleurs peu affectées, car la baisse rapide ne s'est pas fait sentir à plus de 300 kilomètres du centre, ont leur minimum vers 18 heures. Majunga aurait pu noter un minimum plus tardif : sa valeur et son heure ne nous sont pas connues. Maintirano n'avait plus d'instruments en mars 1927, et Morondava donne un minimum principal le 3 à 18 heures, — baisse très faible, — et un second minimum peu apparent à midi le 4; Tulear, très loin du centre, aura sa baisse dans la soirée du 4 et celle du 5. Si l'on veut considérer les vents, autre élément qui permet une localisation approximative du centre, on doit remarquer que la rotation à Tananarive s'est arrêtée peu après l'instant du minimum barométrique, avec brise modérée d'Est. Là encore aucune précision.

Les vents de Morondava et Majunga paraissent peu significatifs le 4 au matin. Ceux de Tulear qui ont atteint la force 8 le soir du 3, restent au Sud-Est en mollissant. Il semble que les vents le 4 à midi en plusieurs points de la côte Ouest de Madagascar donnent une présomption que le centre cyclonique a dû quitter le territoire de l'île dans la matinée du 4 entre le cap Saint-André et Maintirano, peut-être auprès de Tambohorano. Sa vitesse de translation sur terre dans l'après-midi du 3 est de 180 kilomètres en 6 h. 30 soit 28 kilomètres à l'heure environ; on peut présumer que le cyclone, en s'inclinant légèrement vers l'Ouest-Sud-Ouest, augmente de vitesse, ce qui n'a rien d'anormal.

A partir de l'après-midi du 5 la côte Nord-Est de Madagascar et même Tananarive se trouvent sous l'influence d'une nouvelle dépression cyclonique venant de l'Est ou de l'Est-Nord-Est. Cette dépression est parfaitement sentie par le *Général Duchesne* dans un voyage de retour de Tamatave à Diégo, et la baisse du baromètre est la plus forte le dimanche 6. Les seules nouvelles du cyclone du 3 mars après son arrivée sur le canal de Mozambique sont résumées par un bulletin de Salisbury (Rhodésie du Sud) en ces termes : une dépression se trouvait au large de Beïra le 4 et le 5 et a pu être suivie au Nord-Est jusqu'au 9. Il est probable que cette dépression était en relation avec les perturbations de Maurice et de la côte Est de Madagascar à cette époque.

N'ayant pas sur ce trajet les chiffres nécessaires nous n'y insisterons pas davantage. Cependant après ce que nous avons dit plus haut de la baisse générale à Madagascar entre le 24 et le 25 février, il faut signaler que cette même baisse s'étendit à cette date à travers le canal jusqu'à Beïra. Il n'y aurait donc pas lieu d'y voir un effet du cyclone, à ce moment au Nord de Rodrigues, mais plutôt une de ces fluctuations d'immense étendue qui permettent aux cyclones de se former et de se développer.

Un mot resterait à dire des pluies torrentielles et sans manifestation orageuse qui ont accompagné l'ouragan, et produit en divers points du territoire malgache des inondations désastreuses. Mais les stations susceptibles de fournir les indications les plus intéressantes font défaut, abris météorologiques et pluviomètres ayant été renversés par la tempête.

Voici pour les sept premiers jours de mars les chiffres qu'on peut donner :

	1er mars	2	3	4	5	6	7
Diégo	0	0	0	0	73	4	0
Ambilobé	0	0	0	72	10	11	37
Nosy-Bé	0	0	0	48.2	57.7	4.4	11.4
Analalava	5	21.2	0	11.3	10.8	42.2	25.6
Majunga	0	0	0	4.3	3.7	4.5	31.4
Befandriana	0	0	0	14.1	19	6.8	34.5
Moramanga	3.7	46.2	152.5	86.5	10	3.0	5.0
Anosibé	13	82	154.2	244	130	439	0
Ankazobé	1	14.6	51	22	0	0	0
Tananarive	2.6	0.2	2.0	33.7	0.1	0	0.4
Soavinandriana	29	25.5	8.7	21	0	0	10.5
Vatomandry	18.7	30.2	18	6	6.2	12	0
Ambositra	4.9	0.7	31.1	73.3	6.6	1.8	2.6
Morondava	0	0	0	9	10	0	0
Tsinjoarivo	28	46	54	0	20	18	0
Dzaoudzi	0	0	5	36.3	0	9.5	0

Ces données sont exprimées en millimètres de hauteur, mais les dates ne peuvent être absolument correctes; les relevés étant faits à 7 heures et 18 heures (heure locale) les pluies tombées entre 18 heures et minuit sont forcément reportées au jour suivant.

Les chiffres d'Anosibé paraîtront extraordinaires : il nous est impossible de les contrôler.

Si l'on voulait pour l'intérieur de l'île, considérer les seules pluies du 3 et du 4 comme représentatives du cyclone, il faudrait bien conclure qu'à l'exception de Moramanga et Anosibé, points voisins de la zone dévastée, les autres localités n'ont pas reçu sensiblement plus d'eau que n'en auraient donné deux journées d'orages. En particulier à Tananarive un seul orage donne de 30 à 60 millimètres de précipitations : cependant l'inondation a été forte dans la plaine qui entoure la capitale, la plus forte dans doute depuis 1893. Les statistiques ne sont pas assez complètes pour avoir une valeur probante.

Enfin une note complémentaire paraît utile pour dirimer des controverses locales. On a dit, et l'Observatoire lui-même ne rejetait pas au début cette hypothèse, que le 3 mars Madagascar avait subi deux cyclones simultanés, chose d'ailleurs assez habituelle. L'un de ces ouragans serait celui de Tamatave, et l'autre ayant passé près de la Réunion, aurait suivi une trajectoire normale dans le Sud de l'Océan Indien.

La présence de deux navires se dirigeant vers les Mascareignes, et dont nous avons pour les journées du 2 et du 3 les positions successives et les observations météorologiques, ne sauraient confirmer cette manière de voir. Aucun cyclone ne s'est fait sentir au Sud de la Réunion ou sur la côte Sud-Est de Madagascar, et nous ne voyons pas de fait sérieux qui puissse fournir un argument contre la marche exceptionnelle de l'ouragan que nous venons de décrire. En particulier le rapport détaillé du commandant du *Chambord* dont l'*Illustration* a publié un résumé dans son numéro du 16 juillet 1927 ne laisse aucune indécision sur le rebroussement de la trajectoire le 1er mars entre midi et 16 heures.

TABLE DES MATIÈRES

COULOMMIERS
IMPRIMERIE
PAUL BRODARD
11453-7-30.

HISTOIRE

PHYSIQUE, NATURELLE ET POLITIQUE

DE

MADAGASCAR

HISTOIRE
PHYSIQUE, NATURELLE ET POLITIQUE
DE
MADAGASCAR

PUBLIÉE
PAR A. ET G. GRANDIDIER

VOLUME IV

MAGNÉTISME DE MADAGASCAR

PAR

le R. P. ELIE COLIN, S. J.

Revu et complété par le R. P. CHARLES POISSON S. J.



PARIS
SOCIÉTÉ D'ÉDITIONS GÉOGRAPHIQUES, MARITIMES ET COLONIALES
184, BOULEVARD SAINT-GERMAIN (VIe)

MDCCCCXXXII

LE MAGNÉTISME TERRESTRE
A MADAGASCAR

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Pour mieux juger du progrès actuel accompli dans l'étude du magnétisme terrestre, il est nécessaire de jeter un coup d'œil en arrière, et de comparer l'usage de l'aimant dans les temps passés et présents.

Dès le XIIIe siècle, son application était bornée à la navigation; les marins de cette époque guidés par l'expérience se contentaient de corriger très approximativement les variations de leur boussole suivant les longitudes. A partir de 1541, on commença à mesurer la déclinaison sur terre. Ce fut le second stade d'une expérience qui devait nécessairement aboutir à la connaissance des variations annuelles du magnétisme terrestre et de son mouvement oscillatoire très lent de l'Est à l'Ouest, puis du retour au point de départ après plusieurs siècles.

En effet les premiers résultats de la boussole à Paris indiquent une valeur de 7° 30′ Est. L'an 1580, l'aiguille aimantée parvient à sa plus grande élongation vers l'Orient : 11° 30′ et regagne le Nord de 1663 à 1666. Les années suivantes, elle se dirige vers le Nord-Ouest et s'arrête ensuite à un deuxième maximum occidental 22° 34′ dès 1814. Depuis lors jusqu'à nos jours, l'aiguille rétrograde vers le Nord, qu'elle atteindra probablement l'an 2050.

En 1576, l'Anglais Norman découvrit et mesura l'inclinaison qu'il trouva égale à 71° 11′; en 1671, cet élément présentait un maximum de 75°. A partir de cette époque, sa valeur diminue.

Remarquons que tous ces résultats ne sont pas empreints d'une extrême précision à cause des instruments rudimentaires dont dispo-

saient alors les physiciens, des méthodes parfois défectueuses qu'ils employaient, surtout de leurs expériences exécutées d'une manière intermittente, peut-être même en des lieux différents. Vers la fin du XVIIIe siècle, on comprit pourtant la nécessité d'observer plus fréquemment les éléments magnétiques pendant le cours de l'année.

L'étude de la composante horizontale entreprise dès 1769 a été continuée par Humboldt, Arago et Poisson qui la mesuraient par les oscillations du barreau uniquement. En 1841, Gauss améliora les instruments ainsi que les procédés d'expérimentation de l'intensité; il joignait aux oscillations la déviation produite par un second barreau aimanté, expérience universellement adoptée.

Aujourd'hui les méthodes d'observations à peu près uniformes et faites avec un soin minutieux permettent d'atteindre un degré de précision inconnu des siècles précédents. Les instruments perfectionnés, simplifiés, comparés entre eux, devenus portatifs pour les voyages d'explorations, rendus enregistreurs grâce aux nouveaux procédés de la photographie, disséminés dans les Observatoires, répandus sur une grande partie du globe, nous montrent heure par heure, minute par minute, toutes les phases diurnes qu'éprouve l'aiguille aimantée ainsi que sa direction différente suivant les lieux de la terre; par les échanges de photogrammes entre Observatoires, ils donnent le moyen de suivre les modifications que subissent les aimants d'après les régions et les terrains; ils facilitent pour les marins le tracé des cartes isogones, isoclines et isodynamiques.

Les aimants rendent, en outre, d'inappréciables services dans le domaine de la science et de l'industrie. Rappelons sommairement plusieurs propriétés magnétiques utilisées dans les temps actuels.

Non seulement la boussole sert comme jadis au marin pour se diriger à travers l'espace, mais encore à l'explorateur, à l'aviateur, au géographe, au géomètre qui dresse le plan d'un terrain et l'oriente par rapport au Nord vrai; à l'ingénieur qui parcourt le dédale des mines, sonde les gisements et précise les points d'attaque dans l'exploitation du minerai de fer; au météorologiste qui enregistre nuit et jour ses variations diurnes

et annuelles, ses perturbations à l'époque des aurores polaires, des courants telluriques et des taches solaires; à l'électricien qui fixe la présence, la direction et l'intensité d'un courant électrique, qui produit des effets physiologiques, thérapeutiques, lumineux, ainsi que l'énergie motrice en imprimant un simple mouvement de rotation à des bobines placées près des pôles d'un aimant; au spectroscopiste, qui au moyen d'un puissant aimant, triple la raie spectrale d'un gaz et polarise en sens inverse les deux raies extrêmes, phénomène de Zeeman fécond en résultats, sur lequel repose la théorie actuelle des électrons; au géologue qui signale les séismes lointains, les éruptions volcaniques, les transformations souterraines, les failles, les dislocations, les solutions de continuité des couches sous-jacentes, la présence de certaines roches; au magnéticien archéologue qui recherche dans les laves, et les argiles cuites, la direction du champ terrestre pendant les âges préhistoriques et les époques moins anciennes.

Sous la vive impulsion scientifique du xxe siècle, nos connaissances sur le magnétisme et ses nombreuses applications dans les branches connexes s'élargissent et se précisent. L'étude comparative des résultats obtenus en divers points du globe permet d'établir une théorie basée sur des faits, et d'expliquer au moins d'une manière provisoire les variations diurnes et annuelles des boussoles.

D'après les hypothèses récentes, le champ magnétique semble provenir de plusieurs causes :

1° Le centre terrestre constituerait un immense aimant permanent de fer à l'état ou solide ou pâteux;

2° Dans les couches superficielles du sol circulent des courants telluriques variables d'Est à Ouest, de Nord à Sud, enregistrés journellement;

3° Influencés par la nature du terrain, déviés aux grandes cassures par suite de la conductibilité différente des couches, par leur teneur en fer, ces courants exercent une action sur la direction perpendiculaire de la boussole aussi bien que ses variations annuelles;

4° Dans les régions supérieures de l'atmosphère apparaissent aussi

d'autres courants électriques produits ou par le déplacement des couches d'air en mouvement sous l'effet de la rotation terrestre, ou par le passage de cirrus à l'époque chaude; sous nos latitudes ces courants causeraient très probablement la variation diurne des barreaux du déclinomètre et du bifilaire.

Cette rapide esquisse des propriétés découvertes dans les aimants confirme la mémorable parole d'Arago : « Le magnétisme terrestre est tout un monde. »

Dans les régions des hautes latitudes où le champ terrestre présente une grande régularité, le fluide magnétique exerce extérieurement son action d'une manière intense, en sorte que les perturbations atteignent en ces lieux une ampleur considérable. Il n'en est pas de même sous les latitudes tropicales voisines de l'équateur magnétique, la variation est loin d'avoir une marche aussi spacieuse; elle se réduirait à de minimes proportions, ne présenterait que des détails peu importants, si les perturbations locales, cosmiques et géophysiques n'intervenaient dans une large mesure et comme compensation, pour produire des diagrammes peut-être encore plus complexes que ceux de hautes latitudes.

Comme le prouveront de nombreux faits publiés dans ce travail, ce dernier cas perturbateur prédomine à Madagascar, ainsi que dans les îles volcaniques de la Réunion, de Maurice, Sainte-Marie, Nosy-Bé qui nous avoisinent.

Les variations exceptionnelles qu'éprouve la boussole sur les côtes malgaches étaient depuis longtemps signalées par les navigateurs. Il importait de connaître si cette distribution inégale se limitait à des effets locaux, ou si elle s'étendait sur toute l'île.

Dès l'installation des instruments à l'Observatoire de Tananarive, en 1890, nous déterminions en divers points de la montagne, les trois éléments de déclinaison, d'inclinaison et de composante horizontale, au moyen des instruments de Brunner.

Ces premiers résultats obtenus, nous exécutions en 1892 une reconnaissance magnétique le long du chemin de Tananarive à Andévorante en quatre stations distantes de 50 kilomètres environ les unes

des autres. Or, les anomalies révélées soit à l'Observatoire, soit au cours de la reconnaissance, démontrèrent que les irrégularités du champ magnétique affectent tout aussi bien l'intérieur de l'île que les côtes, d'où la nécessité de serrer à l'avenir le réseau des observations et d'examiner avec grand soin les éléments extérieurs du terrain à défaut de carte géologique.

En conséquence pendant dix ans nous avons profité des missions géodésiques accomplies dans le plateau central pour relever des mesures magnétiques en des stations voisines de quelques kilomètres; de plus nous avons effectué plusieurs déterminations sur divers points du littoral oriental et occidental. Tous ces résultats ont été publiés dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, mais sans discussion d'ensemble. Nous essaierons de combler cette lacune dans une conclusion générale.

Nous diviserons cette étude magnétique en trois parties. La première contiendra la constitution géologique de Madagascar, et la description des instruments qui ont servi à fixer les éléments absolus ainsi que les procédés d'observations. La deuxième partie établira les résultats passagers obtenus dans le plateau central, le littoral oriental et occidental. La troisième indiquera les mesures effectuées à poste fixe à l'Observatoire de Tananarive depuis 1890 jusqu'en 1922.

NOTE HISTORIQUE

Aux considérations générales faites par le Père Colin devrait se joindre un bref historique des recherches sur le magnétisme terrestre à Madagascar. Mais cette science attend encore son historien. Les trois valeurs ou composantes qui définissent le champ magnétique en un point donné, c'est-à-dire la déclinaison ou orientation de l'aiguille aimantée dans un plan horizontal, l'inclinaison dans le plan méridien et l'intensité, ne présentent pas le même intérêt immédiat pour la vie pratique. La connaissance de la déclinaison, qui détermine la direction du Nord géogra-

phique est nécessaire à tous ceux, marins, navigateurs, prospecteurs, qui font usage de la boussole. Les deux autres éléments ne sont guère observés que par des spécialistes.

On peut donc conclure que les ouvrages anciens sur Madagascar doivent contenir des résultats de mesures de la déclinaison, ou déviation du compas; on y trouve en effet des observations de ce genre et le Père Colin citera plus loin le chiffre admis par John Davis en 1616 comme celui de Flacourt en 1648. Il faudrait pour être complet, relever une à une les données encloses dans ces ouvrages, relations, lettres, cartes, routiers qu'énumèrent MM. Grandidier dans leurs précieux volumes.

On ne peut dire cependant que ces simples déterminations du méridien magnétique constituent de véritables recherches sur le magnétisme terrestre.

Si l'on veut dès lors se borner aux travaux plus notables, et plus particulièrement consacrés à cette science spéciale, la liste sera brève. Elle citera en premier lieu le nom d'Alfred Grandidier qui sut, dans ses explorations ne rien négliger. Puis viendront les officiers de marine et ingénieurs dans leurs missions hydrographiques de Madagascar, depuis l'article relatant les recherches du lieutenant de vaisseau (plus tard amiral) Favereau, paru dans les *Annales Hydrographiques* de 1886 jusqu'aux missions de 1907; et plus récemment, dans le volume des mêmes annales pour 1925-1926, les vérifications faites par M. le lieutenant de vaisseau Bernard à bord de la *Bellatrix*. Ces travaux de marins n'intéressent naturellement que les régions côtières.

Le présent volume donne le détail des mesures et campagnes du Père Colin de 1889 à 1921 : c'est la partie la plus documentée. Enfin il faudrait encore signaler les recherches de M. Brown, opérateur envoyé par la *Carnegie Institution* de Washington, en 1920-1921, résumées dans le volume IV des *Land Magnetic Observations*. Nous voilà au terme. Les archives du Service Géographique de Madagascar, à Tananarive, peuvent encore contenir quelques résultats isolés et le lecteur consultera avec fruit l'article consacré par Mlle G. Homery à la *Déclinaison* à

Madagascar dans le tome III des *Annales de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris.*

Aucun autre renseignement important en cette matière n'est venu à notre connaissance, et les fouilles bibliographiques seraient vraisemblablement plus fructueuses à Paris ou à Londres que dans les maigres bibliothèques de Tananarive.

PREMIÈRE PARTIE

CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DE MADAGASCAR

On sait que les terrains primitifs et les roches éruptives, basaltes, trachytes, granites... font subir de profondes modifications aux éléments magnétiques à cause de la quantité notable de fer oxydulé qui entre dans leur composition, et de l'inégale densité des couches terrestres. En Europe les îles de la Corse, de la Sardaigne et de la Sicile, le Massif central volcanique de la France, les côtes occidentales de l'Écosse, la région de Koursk, au Nord-Est de la Sibérie, offrent des exemples caractéristiques de perturbations locales.

Or, Madagascar est formé depuis le Nord de l'île jusqu'au 24e parallèle d'un noyau archéen de gneiss, de micaschistes et de quartzites souvent injectés de granite; de nombreux blocs de ces roches émergent en divers points. En outre une ceinture mésozoïque et éocène entoure le massif archéen à l'Ouest et au Sud jusque vers Fort-Dauphin, avec un étroit ruban de tertiaire sur le littoral.

La côte orientale, du moins dans la partie moyenne, se caractérise par une bande de terrains crétacés parsemés de petits volcans.

Les roches boursouflées que l'on rencontre dans leur voisinage témoignent de leur origine éruptive; les sables extérieurs ou sous-jacents du bord de la mer présentent çà et là des pyrites qui contiennent du fer et forment parfois sur leur pourtour des poches d'eaux sulfureuses.

Des volcans éteints beaucoup plus importants, dans l'Ankaratra, l'Itasy, la région de Betafo et d'Antsirabé, surmontent le massif central et ne manifestent actuellement leur action que par des dégagements d'eaux thermales. L'aire éruptive semble même se continuer au Nord de l'Itasy, à l'Ouest d'Ankazobé, le Nord du Vazobé jusqu'au Vohambohitra.

Le sol du centre est formé par la décomposition très avancée des roches primitives et éruptives, gneiss, micaschistes, quartzites, granites, sous l'action de l'air et des pluies; la latérite qui résulte de cette transformation possède une teneur variable de sesquioxyde de fer : d'après M. Muntz, elle s'élève parfois à 34 p. 100 et descend au minimum de 8 p. 100. Le fer se trouve souvent à l'état de concrétions ou de grains. Il n'est donc pas étonnant que ces roches primitives et éruptives, ces gîtes métallifères, ces scories dans lesquelles le fer prédomine, fassent sentir vivement leur influence sur les boussoles.

Les trois éléments de déclinaison, d'inclinaison et de composante horizontale éprouvent des divergences telles qu'il n'est guère possible d'approfondir les résultats, faute de connaître exactement le poids du fer contenu dans l'argile extérieure ainsi que la nature géologique des couches sous-jacentes. Toutes les valeurs magnétiques très inégales contenues dans ce volume se justifient par les bouleversements du sol malgache. Citons à l'appui quelques anomalies observées en divers lieux de Madagascar et à différentes époques.

Nous avons exécuté un levé magnétique de la déclinaison en cinq stations voisines sur la montagne où est bâti l'Observatoire et avons trouvé les variations consignées dans le tableau suivant :

				Déclinaison	
Au Nord, à 60 mètres	de distance	de l'édifice,	11 août 1892. . .	9° 41′ 49″	Nord-Ouest.
Au Sud, à 50 mètres	—	—	12 avril 1893. . .	10° 52′ 42″	—
Au Sud-Est, à 2 kilomètres	—	—	18 mai 1893. . .	11° 59′ 3″	—
Au Nord-Ouest, à 120 mètres	—	—	16 mai 1893. . .	12° 6′ 41″	—
Au Nord-Nord-Ouest, à 50 m.	—	—	— mai — . . .	12° 45′ 42″	—

L'on a ainsi 3° de différence pour quelques centaines de mètres. *Les Annales hydrographiques*, deuxième semestre 1886, contiennent les résultats magnétiques obtenus par M. le lieutenant de vaisseau Favereau à Madagascar; il a relevé la déclinaison en trois mois en trois points différents de l'île Sainte-Marie; la boussole a donné successivement 10° 34′, 7° 15′, 6° Nord-Ouest, soit 4° de différence. Vers le premier quart du XIXe siècle, Duperrey constatait dans la même île 7° de différence entre deux points distants d'une centaine de mètres, la jetée de

l'île Madame et la Tour des Baleiniers. A Nosy-Bé, entre deux stations distantes de 150 mètres, M. Favereau indique 9° 44′ et 9° 31′, différence 13′.

A Andévorante, entre deux stations éloignées aussi de 150 mètres : 13° 57′ et 14° 40′, différence 43′.

Dans les *Ouvrages anciens sur Madagascar*, tome II, page 100, nous trouvons un routier daté de 1616 par John Davis. Ce document renferme une anomalie singulière au point de vue magnétique. Il est dit que la baie de Saint-Augustin (Tuléar) a une déclinaison de 14° 50′ Ouest [1]; au cap Sainte-Marie 16° 40′ Ouest [2]. D'après ces relevés les canevas des isogones, réguliers dans les deux premières stations, augmenteraient en remontant vers le Nord à Sainte-Marie; or, le contraire a lieu, la variation diminue lorsqu'on se dirige vers l'équateur magnétique, sous nos latitudes.

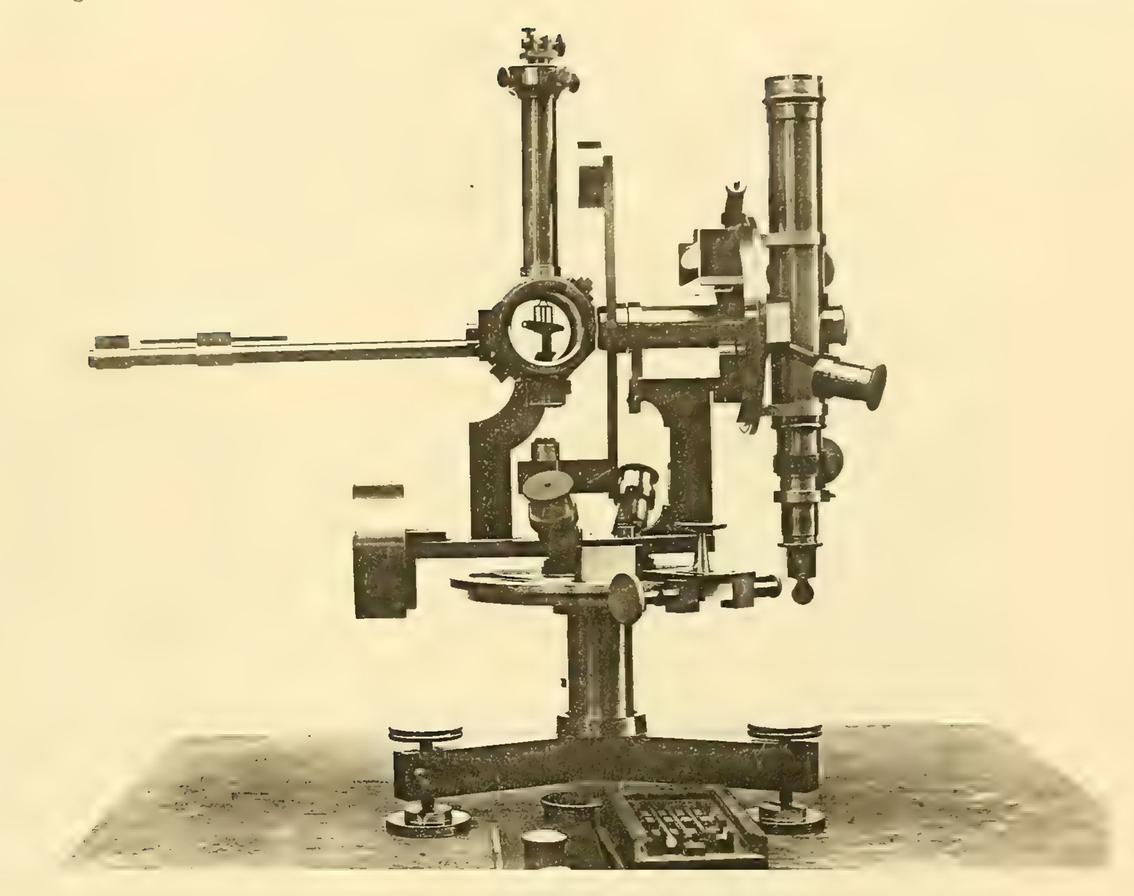
Autres anomalies. Flacourt en 1648 donne pour Fort-Dauphin la déclinaison de 19° Ouest. Or, M. Brown, le 8 février 1921, releva en ce lieu 12° 1′; d'où diminution de 7° en deux cent soixante-treize ans; variation annuelle 1′5, valeur inadmissible.

Quelques conclusions pratiques se dégagent de ces résultats anormaux : 1° Les éléments magnétiques varient sur les côtes de Madagascar à cause des phénomènes volcaniques et de la présence du fer. M. de Lapparent ajoute que la côte orientale affectant une ligne droite, l'on peut présumer qu'il existe une cassure importante dans le sous-sol; cette perturbation causerait des variations dans les éléments magnétiques. Cette remarque, jointe à la conclusion précédente, ne serait-elle pas une des causes qui ont jeté à la côte pendant la nuit bien des bateaux par suite d'erreurs locales de la boussole?

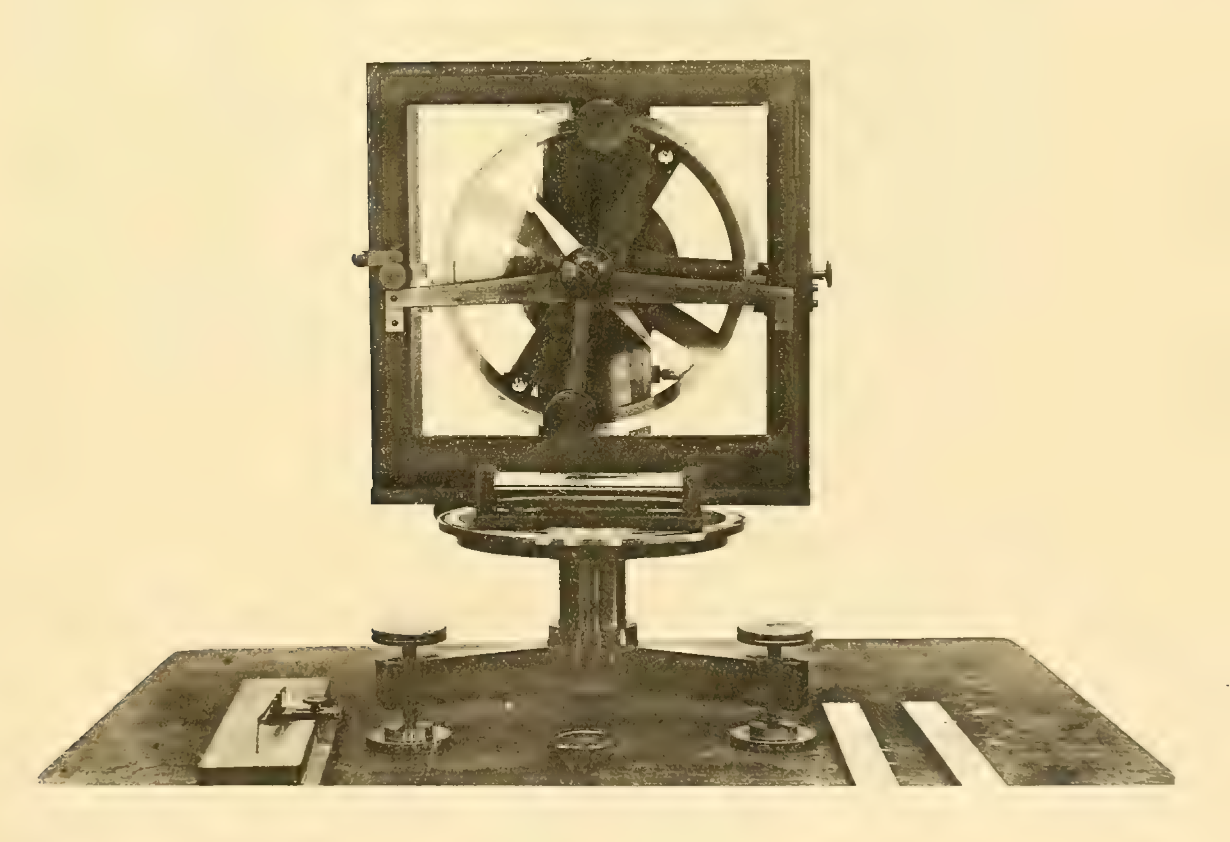
2° Les levés de terrain ou hydrographiques opérés avec cet instrument ne peuvent donner que des résultats douteux.

[1] Le 31 décembre 1920, M. Brown, de Washington, y releva 10° 49′ 8″ Nord-Ouest.

[2] Le 25 janvier 1921, M. Brown observa 11° 39′ 8″ Nord-Ouest. Différence + 50′ avec la station précédente. En 1616 + 1° 50′, ce qui démontre un changement complet dans le réseau des isogones entre le XVIIe et le XXe siècle.



Théodolite boussole



Boussole d'inclinaison

DESCRIPTION ET USAGE DES INSTRUMENTS MAGNÉTIQUES (BOUSSOLES DE BRUNNER)

Déclinaison. — Le théodolite boussole se compose d'un cercle vertical donnant la minute sexagésimale et par estime les 30″. Une lunette est fixée à la partie mobile du cercle; le réticule de l'oculaire comprend six fils, dont trois verticaux et trois horizontaux disposés de manière à encadrer le soleil pendant le jour; en cas d'observation nocturne d'une étoile, un verre dépoli placé latéralement dans le tube de la lunette diffuse à l'intérieur les rayons d'une lumière artificielle et éclaire le champ. D'autre part, une cage dont deux faces sont vitrées, surmontée d'un tube et d'un treuil auquel est suspendu le barreau aimanté par un fil de soie et un étrier, se meut parallèlement à la lunette et au cercle vertical autour d'un cercle azimutal donnant la minute et à vue les 30″.

L'instrument fixé sur un trépied doit être bien nivelé et réglé comme un théodolite ordinaire. La lunette, le cercle vertical et azimutal servent à déterminer l'heure locale et le méridien géographique par une série de hauteurs du soleil ou d'une étoile cataloguée. Au moment précis du pointé, on écoute les battements d'un chronomètre placé près de l'observateur et on note sur le carnet la seconde et dixième par estime, la minute et l'heure, puis les lectures des cercles vertical et azimutal, lunette à droite. Mêmes opérations, lunette à gauche. A la fin de ces observations, il est essentiel de noter la pression et la température. La détermination de l'heure devenait nécessaire pendant nos travaux géodésiques, lorsque nous voulions vérifier la longitude du lieu par la méthode télégraphique en échangeant le temps local avec celui de l'Observatoire de Tananarive.

Le calcul de l'heure peut s'effectuer par la formule de trigonométrie sphérique :

$$\operatorname{tang}\frac{t}{2} = \sqrt{\frac{\sin(S-\delta)\sin(S+\varphi)}{\sin S \sin(S-z)}}$$

$S = \frac{\delta + \lambda + z}{2}$; t égale l'angle horaire; δ la distance polaire du soleil; φ la latitude; z la distance zénithale; λ la colatitude du lieu.

Le méridien géographique A se calcule d'après la formule

$$\operatorname{tang}\frac{A}{2} = \sqrt{\frac{\sin(S-z)\sin(S-\varphi)}{\sin S \sin(S-\delta)}}$$

La seconde opération consiste à rechercher le méridien magnétique. Le barreau aimanté est glissé dans l'étrier de la cage; une goupille fixée au milieu de l'aimant peut reposer alternativement sur deux encoches opposées et en forme de V du cadre de l'étrier. Sur la face extrême des deux pôles et au milieu de leur plan circulaire a été gravé sur argent un trait vertical lorsque la goupille est horizontale. L'on pointe avec le viseur et son réticule ce repère linéaire. L'erreur d'excentricité de l'axe magnétique du barreau s'éliminera en observant les deux pôles goupille à l'Est, puis goupille à l'Ouest. Dans ce théodolite, la cage qui supporte l'aimant n'occupe pas le centre de l'instrument; le fil de suspension en soie peut être décentré; le viseur et son réticule avoir un défaut de collimation; l'axe magnétique et celui du barreau ne pas coïncider. Pour éliminer toutes ces erreurs, il faut tourner l'équipage de 180° et recommencer les opérations précédentes dans cette deuxième direction.

La moyenne des huit lectures sur le cercle azimutal donne le méridien magnétique avec toute l'exactitude requise. La différence des deux méridiens géographique et magnétique égale la déclinaison locale.

En voyage et dans les stations, nous relevions de 10 à 20 hauteurs du soleil avec le théodolite, lunette à droite et lunette à gauche; ou bien si pendant le jour le soleil avait été caché par les nuages, nous visions, la nuit, une étoile connue; l'instrument laissé sur son trépied occupait le même position que pendant les observations diurnes. Cette série répétée de relevés astronomiques devient inutile lorsqu'on opère à poste fixe, comme à l'Observatoire, sur un pilier au-dessus duquel trois crapaudines scellées supportent les vis calantes de l'instrument. Il suffit d'observer les distances zénithales du soleil une fois pour toutes, et de fixer en même temps l'azimut de deux repères éloignés. Nous utilisons les signaux géodésiques construits sur le sommet de deux montagnes, Ambohimalaza, distant de 45 kilomètres à l'Ouest, et Angavokely,

de 21 kilomètres à l'Est. L'azimut du premier signal égale 38° 14′ 22″; celui du second 93° 7′ 8″ par rapport au Nord géographique du pilier.

Composante horizontale. — L'intensité du champ magnétique terrestre s'obtient d'ordinaire par la méthode de Gauss; elle consiste à observer la durée d'oscillations d'un aimant suspendu à un fil de soie; le carré du nombre des oscillations pendulaires pendant une unité de temps donnera la mesure de la composante horizontale ainsi que le produit HM des deux forces terrestre H et celle de l'aimant M. Toutefois cette mesure dépend essentiellement des propriétés particulières de l'aimant employé; chacun d'eux possède d'une manière propre son moment magnétique, en dehors de sa forme, de son poids et de sa masse souvent peu homogène. Ces forces se combinent et influent sur le temps des oscillations. On élimine les trois dernières causes d'erreurs en déterminant par des expériences et par le calcul son moment d'inertie. Pour connaître le moment magnétique du barreau, il faudra le faire dévier par un autre aimant placé perpendiculairement au méridien magnétique et à une distance fixe; on aura alors le rapport $\frac{H}{M}$ des forces exercées par le courant terrestre et la force de l'aimant.

L'influence du moment magnétique, de la forme, du poids, de la masse plus ou moins homogène ainsi éliminée, la mesure de la force du magnétisme terrestre se déduira indépendamment des propriétés individuelles de l'aimant employé dans l'expérience.

La boussole de déclinaison de Brünner se prête aux expériences des oscillations et des déviations requises dans la mesure de la composante horizontale, moyennant l'addition d'un simple accessoire. Le mode de suspension de l'aimant déjà décrit pour la déclinaison sert également à la faire osciller comme un pendule. Il suffit pour cela d'approcher de la cage une tige de fer quelconque. L'unique modification consiste à fixer au moyen de deux vis une règle mobile munie de deux étriers et percée de deux trous, perpendiculairement au méridien magnétique. La goupille de l'aimant déviant est insérée dans un trou de l'étrier à une distance exactement mesurée par rapport au centre d'un autre

aimant de longueur moitié moindre; aux pôles de ce dernier barreau, deux cylindres de cuivre de même diamètre ont été ajoutés de manière à avoir une longueur totale pareille à celle de l'aimant déviant; cette addition permet de mesurer avec exactitude la déviation produite sans être obligé de changer le foyer du microscope viseur. Les angles de déviation des pôles Nord et Sud se lisent sur le cercle azimutal de l'instrument.

Comme l'aimant dévié n'occupe pas le centre du théodolite, il faut tourner l'équipage de 180° et recommencer les opérations.

Les résultats des oscillations et déviations des deux séries obtenus, on calcule alors l'intensité horizontale au moyen de la formule :

$$H = \frac{\pi K}{Rt}\sqrt{\frac{2(1 + \frac{a}{R^2}}{R \sin \alpha}}$$

π est le rapport connu de la circonférence au diamètre : 3,1415926...

K, la racine carrée du moment d'inertie du barreau.

R, la distance en centimètres, millimètres et dixièmes des aimants déviant et dévié; elle égale à la plus courte longueur, dans notre théodolite, 15 cm. 667, et à la plus éloignée 20 cm. 274, d'après les mesures effectuées par Brunner.

t, le temps d'une oscillation du barreau déviant dont la longueur a 7 cm. 016, le barreau dévié 3 cm. 448; leur diamètre 4 mm. 45.

$1 + \frac{a}{R^2}$, le coefficient magnétométrique.

α, l'angle de déviation à la distance R.

Les deux éléments α et t varient suivant le temps et les lieux; ils exigent chaque fois de nouvelles expériences sur le terrain. Il n'en est pas de même des autres termes R, K, $1 + \frac{a}{R^2}$ spéciaux à chaque aimant; ils demeurent fixes et peuvent être déterminés une fois pour toutes dans le laboratoire. Ces derniers résultats obtenus et calculés on les groupera en une seule valeur numérique $H = \frac{C}{t\sqrt{\sin \alpha}}$

La constante instrumentale pour le barreau et l'étrier de notre théodolite a été fixée par M. Moureaux en avril et mars 1889, à l'observatoire

du Parc Saint-Maur par une série d'expériences faites pendant les moments de calme magnétique et une température uniforme.

Il suffit avec cette constante d'observer la mesure des déviations seulement à la plus courte distance d'après la méthode abrégée de M. Mascart.

Le calcul de la composante horizontale exécuté à l'aide de logarithmes s'écrit sous cette forme :

$$H = 1,6328136 \text{ (constante)} - (\log t + 1/2 \log \sin \alpha).$$

L'application de cette formule suppose la réalisation des quatre conditions suivantes : 1° le fil de suspension doit être centré afin que la distance des aimants déviant et dévié reste la même. Pour remplir cette condition, on tourne tout l'équipage de 180° sur le cercle azimutal et l'on recommence les opérations.

Nous observons toujours les deux pôles Nord et Sud au cercle azimutal; cette précaution évite les erreurs de lectures possibles et la non-coïncidence de l'axe de figure de l'aimant avec son axe magnétique. 2° La température et le moment magnétique du barreau déviant doivent être constants pendant les expériences d'oscillations et de déviations. On évite cette cause d'erreur en encadrant les déviations entre les deux séries d'observations. Chaque série de 100 oscillations dure cinq minutes; la température ne change guère dans un laps de temps aussi court. Les expériences de déviations ne dépassent pas vingt minutes; le thermomètre ne varie que de quelques dixièmes de degré pendant cet intervalle. Du reste, la méthode abrégée de M. Mascart réduit considérablement la durée de l'expérience et décroît l'erreur de température. 3° La torsion du fil doit être aussi faible que possible. Pour déterminer le rapport du moment magnétique du barreau au moment du couple de torsion du fil, l'aimant est placé dans l'étrier de la cage comme pour la déclinaison; le cercle azimutal indique par les lectures des divisions et du vernier le méridien magnétique. On tourne de 180° à droite le treuil auquel est suspendu le fil de soie; le barreau abandonné à lui-même ne revient pas à son azimut primitif; il faudra au moyen de la vis tangente du cercle azimutal, amener le réticule du viseur sur cet autre méridien; nouvelles lectures du vernier. Enfin on donne au treuil un mouvement de

rotation de 180° à gauche; mêmes opérations et lectures. Or, d'après plusieurs expériences pour une torsion de 360° du fil de notre théodolite, la force de torsion est de 29′, ce qui donne 0,00013 pour 1′ d'arc, valeur négligeable avec une déviation de 15° 4′. L'amplitude des oscillations doit être infiniment petite. Dans nos opérations le barreau oscille approximativement de 20′ vers la droite et autant vers la gauche par rapport au fil du réticule. De si faibles élongations ne nécessitent pas de corrections.

Ajoutons que dans les calculs de la composante horizontale, nous n'avons pas appliqué la correction d'induction par la terre.

Inclinaison. — Nous allons décrire les expériences d'inclinaison selon la méthode directe, procédé que nous employons habituellement.

L'aimantation de l'aiguille s'opère par dix passes au moyen d'aimants artificiels, deux forts barreaux d'acier. Il faut avoir soin de noter la position des deux pôles de l'aiguille, afin de leur donner une direction opposée lors de leur désaimantation finale.

L'observation d'un point gravé près de l'un des pivots et situé à droite et à gauche de l'opérateur donne un repère très utile.

L'appareil nivelé, les supports d'agate de l'aiguille essuyés avec un pinceau très doux, l'aiguille et ses pivots exempts de toute poussière ou parcelle de fer provenant des frictions de barreaux, on la dépose avec précaution sur ses deux supports.

Ces préliminaires terminés, la première opération consiste à chercher le méridien magnétique. On fait coïncider les deux zéros du vernier et du cercle vertical. Par construction le zéro et la division 180° se trouvent sur la même verticale. L'équipage du cercle azimutal est amené d'un côté ou d'un autre jusqu'à ce que l'on aperçoive au microscope opposées par leur sommet les deux images directe et réfléchie de la pointe de l'aiguille placée devant un miroir concave sur le cercle vertical. Les divisions du cercle azimutal et de son vernier sont inscrites sur le carnet. Mêmes opérations pour le pôle inférieur. Changeant ensuite l'aiguille de face, on procède à de nouvelles observations et lectures. La cage est tournée de 180° de sa position initiale; l'on renouvelle ces expériences. La moyenne des huit lectures des deux pôles indique le plan perpen-

diculaire au méridien magnétique, il suffira pour obtenir cette dernière direction d'amener sur le cercle azimutal l'équipage à 90° du résultat moyen obtenu.

Une fois dans ce plan, l'aiguille fait avec l'horizon un certain angle que nous mesurerons avec toute la précision possible.

Au moyen d'un levier, on soulève plusieurs fois l'aiguille au-dessus de ses supports d'agate et on la descend doucement afin qu'elle prenne sa position d'équilibre. En agissant au moyen de la vis tangente du cercle vertical, les deux pointes, images directe et réfléchie du pôle supérieur vues sur le miroir avec le microscope, coïncideront. Le nombre de degrés, minutes du cercle vertical et son vernier est inscrit sur le carnet. Même visée des images par rapport au pôle inférieur; nouvelles lectures et inscriptions des divisions. A cause du frottement des pivots de très petit diamètre sur les plans agates, il faut répéter au moins trois fois cette opération; on prendra la moyenne des résultats dans les calculs.

Mais l'axe magnétique de l'aiguille peut différer de l'axe de figure; pour éviter cette cause d'erreur, il suffit d'observer sa face opposée et de réitérer les opérations précédentes sur les deux pôles. En outre, les supports d'agate doivent occuper un plan parfaitement horizontal, chose dont il faut s'assurer alors même que l'instrument ait été bien nivelé. A cet effet, la partie antérieure de la cage est amenée à 180° du méridien magnétique précédent; mêmes expériences renouvelées. Enfin le centre de gravité de l'aiguille doit coïncider avec l'axe de figure. Ce résultat s'obtient en renversant la première aimantation. Par la méthode de la double touche, et au moyen des barreaux, on exécute 10 passes, comme dès le début, qui changent les pôles de noms.

Nouvelles observations pareilles aux précédentes. Dans le cas où pendant la première aimantation, le centre de gravité aurait occupé une position supérieure au point de figure, par le renversement des pôles de l'aiguille, il se placera la seconde fois en dessous. La moyenne des 24 mesures de la première série et de 24 autres de la seconde établit le centre de la gravité à sa position normale, affranchit les observations des erreurs instrumentales et finalement donne la valeur de l'inclinaison

à 5′ près; sous nos latitudes le vrai pôle boréal de l'aiguille s'abaisse au-dessous de l'horizon, tandis que le pôle austral s'élève.

Dans les trois paragraphes précédents nous avons indiqué comment l'on obtient directement la déclinaison, la composante horizontale et l'inclinaison magnétique. Il resterait à déterminer la composante verticale et la force totale du champ terrestre. Aucun instrument ne donne directement ces deux derniers éléments; en attendant cette heureuse découverte, on les relie par des formules empiriques aux coefficients de l'inclinaison I et la composante horizontale H. Les deux termes étant connus on en déduit la force totale T et la composante verticale Z par les formules :

$$T = \frac{H}{\cos I}; \qquad Z = H \tang I.$$

Ces deux formules applicables à des données régulières supposent par le fait même un champ terrestre normal et uniforme, des couches géologiques à la fois homogènes et non ferrugineuses, conditions presque irréalisables à Madagascar. Aussi plutôt que de publier dans ce travail des valeurs hypothétiques, il a paru préférable de ne calculer aucune de ces deux forces, mais indiquer les résultats fournis par les expériences directes.

Les résultats de la composante horizontale indiqués dans cette étude sont exprimés par un nombre décimal, suivant le système C. G. S. le centimètre C représentant l'unité de longueur, le gramme G celle de la masse, la seconde sexagésimale S celle du temps, la dyne celle de la force. Comme on le sait ce dernier élément représente la force nécessaire pour imprimer à une masse de 1 gramme et pendant une seconde de temps, une accélération de vitesse de 1 centimètre. Ainsi lorsqu'on dit que, à Tananarive, la composante horizontale actuelle égale approximativement 0,22 C. G. S., cela signifie que si, par un artifice quelconque, au moyen de la torsion de deux fils, on obligeait un aimant suspendu à prendre la direction anormale Est-Ouest magnétique, comme dans le bifilaire, en supposant que sa masse et sa longueur soient égales à l'unité, la force qui sollicite les pôles et les pousse à reprendre la direction normale Nord-Sud magnétique, pendant une seconde de temps, serait de 0,22 dyne ou unité C. G. S.

Dans une contrée sujette par sa constitution géologique à des per-

turbations locales, l'opérateur doit d'abord serrer les stations aussi près que possible les unes des autres, afin d'essayer de suivre la trace probable des éléments. Si la région est calme il doit réduire les résultats isolés obtenus en des jours différents à une époque déterminée. Lorsqu'on dispose d'un magnétographe qui enregistre jour et nuit les variations des aimants, cette réduction n'offre aucune difficulté; étant donnée la valeur diurne des 24 relevés horaires du magnétogramme à la date fixée, il suffira d'ajouter ou de retrancher la différence avec le résultat obtenu en voyage; on aura ainsi une correction par rapport à l'heure et à l'état magnétique du jour. Dans le cas où l'on n'a pas installé le magnétographe pendant cette année, en supposant même qu'il ait été mis en fonction un peu plus tard, on peut à la rigueur procéder de la manière suivante. Commencer par réduire à la moyenne diurne, d'après les variations mensuelles obtenues pendant plusieurs années, puis prendre comme point de départ le 1er janvier d'une année, comparer la différence que l'on ajoute ou l'on soustrait, suivant que l'élément a augmenté ou diminué. Ce mode d'opérer suppose que les éléments ont des marches de variations concordantes, ce qui n'est pas rigoureusement exact, puisque nous rencontrons, au cours de ce travail, des stations ayant des variations annuelles de directions contraires. A vrai dire ce luxe de précautions et de réductions, indispensables dans les régions où les éléments magnétiques ont un caractère normal, devient à peu près superflu là où les anomalies constituent une règle et la régularité l'exception comme à Madagascar. Il suffit, en pareil cas, de coordonner les résultats à grands traits; par conséquent de se contenter du demi-degré pour le tracé subséquent des isobares et des isoclines, puis des trois premières décimales, unités C. G. S. pour le tracé des isodynamiques.

Ajoutons encore que d'après de nombreuses comparaisons de nos instruments avec ceux de M. Brown, de la Carnegie Institution, la déclinaison que nous avons obtenue doit être diminuée généralement de 3′, l'inclinaison de 4′, la composante horizontale de 0,00080 unités G. C. S. Dans la série de tous les résultats suivants il n'a point été tenu compte de cette faible différence qui ne dépasse guère les erreurs probables des mesures.

DEUXIÈME PARTIE

I. — STATIONS DU PLATEAU CENTRAL

Ankeramadinika (21 août 1892).

Station. — Après avoir exécuté un tour d'horizon géodésique sur la montagne d'Amboasary distante de 1 kilomètre Nord du village d'Ankeramadinika, nous avons procédé aux expériences magnétiques. Montagne, ancien emplacement de forêt; terrain argileux; dans le voisinage, roches granitiques, micaschites. Altitude : 1.592 mètres. Longitude : 45° 31′ Est de Paris; latitude : 18° 54′ Sud. Baromètre : 645 mm. 2. Thermomètre : 12°,5.

Le méridien géographique a été obtenu d'après 8 observations du soleil.

Déclinaison. — De 9 heures 25 à 10 heures. Méridien magnétique : 79° 44′ 0″. Méridien géographique : 92° 20′ 58″. Déclinaison : 12° 36′ 58″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 10 h. 53 à 12 heures. Déviation moyenne : 20° 36′ 37″. Durée d'une oscillation : 3s1695. Température : 24°,5 à 10 h. 53; 25° à 12 heures. Composante horizontale : 0,22818.

Inclinaison. — De 13 heures à 14 heures. Première aimantation : 55° 34′ 25″. Pôles renversés : 55° 18′ 40″. Inclinaison moyenne : 55° 26′ 32″.

Moramanga (30 août 1892).

Station. — Nous avons opéré sur la montagne de Tangaina, distante de 3 kilomètres Est de la ville de Moramanga. Le chemin de Tamatave passe à 150 mètres Sud de la montagne. Ancien emplacement de forêt;

forte couche d'humus. A l'Ouest, la plaine est constituée de couches de sédiment; terrain primitif. Altitude : 1.028 mètres. Longitude approximative : 45° 54′ Est de Paris; latitude : 18° 59′ Sud. Baromètre : 680 mm. 6. Thermomètre : 25°.

Le méridien géographique a été obtenu par 6 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 9 h. 30 à 10 h. 20. Méridien magnétique : 201° 33′ 41″. Méridien géographique : 214° 11′ 4″. Déclinaison : 12° 37′ 23″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 10 h. 40 à 11 h. 30. Déviation moyenne : 20° 35′. Durée d'une oscillation : 3^s157. Température : 22° à 10 h. 40; 22°,8 à 11 h. 30. Composante horizontale : 0,22922.

Inclinaison. — De 12 heures à 13 heures. Première aimantation : 54° 31′ 35″. Pôles renversés : 54° 44′ 25″. Inclinaison moyenne : 54° 38′.

M. Brown qui a relevé les trois éléments sur cette montagne en avril 1921, indique une variation annuelle de — 9′ pour la déclinaison, — 0,00048 pour la composante horizontale, — 3′ pour l'inclinaison.

Beforona (11 septembre 1892).

Station. — Nous observâmes les trois éléments magnétiques sur la montagne de Tsiendrorarana située à 1.500 mètres Nord-Ouest du village de Beforona.

Ancien emplacement de forêt entièrement déboisée. Terrain granitique; aux environs de l'Est, éruptions basaltiques, dolérite. Altitude : 719 mètres. Longitude Est de Paris : 46° 13′ 1″ : Latitude : 19° 0′ 23″ Sud. Baromètre : 710 mm. 6. Thermomètre : 25°,3.

Nous avons déterminé la trace du méridien géographique par 6 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 10 h. 10 à 10 h. 30. Méridien magnétique : 335° 8′ 15″. Méridien géographique : 346° 56′ 29″. Déclinaison : 11° 48′ 14″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 10 h. 30 à 11 h. 30. Déviation moyenne : 20° 3′ 15″. Durée d'une oscillation : 3^s151. Température : 18°,5 à 10 h. 30, 18°,9 à 11 h. 30. Composante horizontale : 0,23254.

Inclinaison. — De 12 heures à 13 heures. Première aimantation : 54° 29′ 22″. Pôles renversés : 54° 20′ 29″. Inclinaison moyenne : 54° 24′ 55.

Discussion des résultats de 1892. — Signalons les anomalies que présentent les trois résultats précédents. Selon le tracé des cartes magnétiques la déclinaison et l'inclinaison augmentent de l'équateur au pôle Sud, tandis que la composante horizontale diminue. Or, bien que Moramanga soit situé plus au Sud que Ankeramadinika, la déclinaison est la même en ces deux lieux.

A Beforona dont la latitude est encore plus australe, la déclinaison diminue au lieu d'augmenter. L'inclinaison qui en 1892 égalait à Tananarive 54° 46′, s'élève à 55° 26′ à Ankeramadinika situé sur le même parallèle; elle diminue progressivement à Moramanga et Beforona. Durant cette même époque, la composante horizontale était de 0,23119 à Tananarive; on relève 0,22818 à Ankeramadinika, 0,22922 à Moramanga, 0,23254 à Beforona.

L'anomalie d'Ankeramadinika serait causée, croyons-nous, par les scories de fer abondantes en cette région; celle de Moramanga par la constitution du terrain; celle de Beforona par l'influence volcanique. Les roches d'origine éruptive que l'on rencontre en ce dernier lieu, le long du chemin et dans les ruisseaux, ne laissent aucun doute à ce sujet.

En résumé, alors même que ces trois stations soient trop distantes et que les résultats ne permettent pas d'établir avec certitude la marche des éléments magnétiques, du moins ce point reste acquis, les perturbations du littoral affectent tout aussi bien l'intérieur de Madagascar.

Ampanotokana, près Babay (5 août 1897).

Station. — Arrivé tardivement dans ce village, nous n'avons observé que la déclinaison; installé l'instrument à 50 mètres Ouest des dernières maisons, près du chemin de Majunga. Argile rouge. Altitude : 1.339 mètres; longitude approximative : 44° 56′ 30″. Latitude : 18° 43′ 7″. Baromètre : 653 mm. Thermomètre : 20°.

L'azimut a été déterminé par 6 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 16 h. 45 à 17 heures. Méridien magnétique : 144° 36′. Méridien géographique : 155° 14′ 12″. Déclinaison : 10° 38′ 12″ Nord-Ouest.

ANKAZOBÉ (8 août 1897).

Station. — Nous nous sommes placés sur le bord de la route de Majunga, à 80 mètres Sud-Est du mât de pavillon du colonel Lyautey. Argile rouge. Altitude : 1.243 mètres. Longitude approchée : 44° 45′ 25″. Latitude : 18° 19′ 22″ Sud. Baromètre : 662 mm. Thermomètre : 17°.

Nous avons déterminé le méridien géographique par 12 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 15 h. 20 à 15 h. 38. Méridien magnétique : 26° 2′ 18″. Méridien géographique : 37° 34′ 28″. Déclinaison : 11° 32′ 10″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 39 à 16 h. 15. Déviation moyenne : 17° 39′ 37″. Durée d'oscillation : 3s3366. Température : 20° à 15 h. 39, 19°,5 à 16 h. 15. Composante horizontale : 0,23363.

Inclinaison. — De 9 heures à 9 h. 45. Première aimantation : 54° 10′ 11″. Pôles renversés : 53° 55′. Inclinaison moyenne : 54° 2′ 35″.

La variation annuelle, d'après les observations de M. Brown, en novembre 1920, en une station différente serait de — 10′, pour la déclinaison, de — 0,00067 pour la composante horizontale, de 2′8 pour l'inclinaison.

KIANGARA (15 août 1897).

Station. — Placé au pied du mât de pavillon du poste militaire. Le village est adossé à un rocher granitique. Altitude : 1.161 mètres. Longitude approximative : 44° 40′ 33″. Latitude : 17° 58′ 13″ Sud. Baromètre : 677 mm. Thermomètre : 20°,6.

Le soleil étant caché par les nuages, nous avons pris pendant une éclaircie 4 distances zénithales de la planète Jupiter; nous avons ainsi obtenu l'azimut.

Déclinaison. — De 16 heures à 16 h. 30. Méridien magnétique :

28° 53′ 28″. Méridien géographique : 39° 50′ 53″. Déclinaison : 10° 57′ 25″ Nord-Ouest.

ANDRIBA (22 août 1897).

Station. — Au Sud du camp du poste militaire; à 150 mètres Sud du mât de pavillon. Plateau; argile rouge. Altitude : 653 mètres. Longitude : 44° 32′ 30″ Est de Paris. Latitude : 17° 34′ 34″ Sud. Baromètre : 710 mm. Thermomètre : 23°.

L'azimut a été obtenu par 12 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 8 h. 39 à 9 h. 5. Méridien magnétique : 236° 48′ 15″. Méridien géographique : 247° 57′ 57″. Déclinaison : 11° 9′ 42″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 9 h. 10 à 9 h. 52. Déviation moyenne : 17° 17′ 41″. Durée d'une oscillation : $3^s 3083$. Température : 24° à 9 h. 10, 24°,8 à 9 h. 52. Composante horizontale : 0,23802.

Inclinaison. — De 10 heures à 11 heures. Première aimantation : 52° 18′ 7″. Pôles renversés : 52° 22′ 31″. Inclinaison moyenne : 52° 20′ 19″.

OBSERVATIONS : 1° Très gêné par les moustiques et les mokafohy qui sans pitié sucent le sang du malheureux observateur. 2° Les éléments magnétiques déterminés par M. Brown en octobre 1920, dans une station différente, démontrent que la déclinaison varie annuellement de — 10′, la composante horizontale de 0,00068, l'inclinaison concorderait avec notre résultat, ce qui est tout à fait anormal.

TSINJORANO (29 août 1897).

Station. — Installé à 5 mètres Ouest du mât de pavillon du poste militaire. Chaîne de montagne qui sépare les deux rivières l'Ikopa et la Betsiboka. Altitude : 1.278 mètres. Longitude : 44° 52′ 48″ Est de Paris. Latitude : 17° 59′ 24″ Sud. Baromètre : 660 mm. Thermomètre : 19°.

La trace du méridien géographique a été déterminée par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 16 h. 30 à 17 heures. Méridien magnétique :

120° 42′ 2″. Méridien géographique : 131° 27′ 42″. Déclinaison : 10° 45′ 40″ Nord-Ouest.

Vohilena (11 septembre 1897).

Station. — Le village est situé au sommet d'une forêt. Afin d'avoir un horizon libre, nous nous sommes placé sur la plate-forme d'artillerie; l'unique canon de montagne a été démonté et relégué dans une maison éloignée. Argile rouge et humus. Altitude : 1.329 mètres. Longitude : 45° 15′ 23″ Est de Paris. Latitude : 18° 8′ 1″. Baromètre : 647 mm. 5. Thermomètre : 17°,5.

Par 10 distances zénithales du soleil, l'azimut a été fixé.

Déclinaison. — De 8 heures à 8 h. 30. Méridien magnétique : 69° 25′ 9 ″. Méridien géographique : 80° 5′ 21″. Déclinaison : 10° 40′ 12″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — Observée dans la forêt à 100 mètres Ouest de la plate-forme d'artillerie, le 12 septembre 1897. De 15 h. 40 à 16 h. 12. Déviation moyenne : 17° 45′ 45″. Durée d'une oscillation : 3s3466. Température : 15° à 15 h. 40; 14°,5 à 16 h. 12. Composante horizontale : 0,23207.

Inclinaison. — Même emplacement que pour la composante horizontale et même jour. De 8 heures à 8 h. 45. Première aimantation : 54° 1′ 55″. Pôles renversés : 53° 18′ 1″. Inclinaison moyenne : 53° 39′ 58″.

Discussion des résultats de 1897. — Tout d'abord il est essentiel de noter que ces peu nombreuses opérations magnétiques ont été faites à l'époque du fahavalisme et en plein pays révolté; l'on ne s'étonnera donc pas que nous ayons observé les éléments seulement dans les villages où des postes militaires étaient déjà établis; les autres étant alors d'une sécurité précaire. En outre l'Observatoire de Tananarive, détruit en 1895, n'avait pas encore été reconstruit, faute de ressources; un camp de Sénégalais et une batterie d'artillerie se trouvaient établis à proximité des ruines. L'on n'avait donc pas la possibilité de connaître la valeur des éléments magnétiques du lieu pendant cette année, ni de comparer avec un point de repère les résultats obtenus durant cette

expédition. De pareilles difficultés ont motivé la rareté des stations, la distance considérable qui les sépare entre elles et la discussion sommaire des résultats ci-joints.

Ampanotokana, Vohilena et Tsinjorano ont sensiblement même déclinaison quoique situés à des latitudes différentes, ce qui est anormal. La première station est régulière; les deux autres irrégulières à cause de leur situation sur un massif montagneux. La déclinaison et l'inclinaison d'Ankazobé sont anormales. Ce village se trouve enclavé entre deux massifs, l'un gneissique à l'Ouest, Anbatomalaza, l'autre très élevé vers le Nord, le Vazobé. Il semble que l'aiguille aimantée serait plutôt attirée vers le premier point. Le Père Muthuon nous signale des bandes de fer au Nord-Est de la station.

La déclinaison de Kiangara paraît influencée par la montagne sur le flanc de laquelle est bâti le village.

A Andriba on constate une perturbation dans la déclinaison trop élevée pour une telle latitude.

En résumé nous tirerons de ces résultats la conclusion suivante : la région de hauteurs qui domine la rive droite de l'Ikopa, Ampanotokana, Ankazobé, Kiangara, Andriba présente des anomalies magnétiques. Les deux stations de Tsinjorano et Vohilena, dont les eaux se jettent dans la Betsiboka, semblent plus régulières.

Andramasina (10 septembre 1901).

Station. — Installés en dehors du village ancien et des fossés qui l'entourent, à 30 mètres Nord-Est de la résidence actuelle de l'Administrateur, autrefois cimetière européen, à côté du chemin de Tananarive, sur une petite élévation de terrain, afin d'avoir la vue libre et de n'être pas gêné par les arbres. Argile rouge, mêlée d'humus. Altitude : 1.391 mètres. Longitude : 45° 35′ 53″ Est de Paris. Latitude : 19° 11′ Sud. Baromètre : 653 mm. 6. Thermomètre : 19°,6.

La trace du méridien géographique a été obtenue par 6 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 17 h. 12 à 17 h. 30. Méridien magnétique :

293° 37′ 26″. Méridien géographique : 303° 3′ 8″. Déclinaison : 9° 25′ 42″ Nord-Ouest.

AMBOHIMAHAVONY (11 septembre 1901).

Station. — Hameau de cinq cases; placé à côté d'un tombeau malgache, dans un champ. Argile rouge. Altitude : 1.551 mètres. Longitude : 45° 18′ 55″ Est de Paris. Latitude : 19° 18′ 8″ Sud. Baromètre : 641 mm. 5. Thermomètre : 21°.

Par 6 distances zénithales du soleil, on a obtenu l'azimut.

Déclinaison. — De 10 h. 9 à 10 h. 25. Méridien magnétique : 187° 28′ 29″. Méridien géographique : 202° 16′ 47″. Déclinaison : 14° 48′ 18″ Nord-Ouest.

ANTANAMALAZAKELY (11 septembre 1901).

Station. — Ancien emplacement de forêt; le sol constitué par l'argile fortement mêlée d'humus n'est pas consistant; installé sur une roche granitique plate. Ce sommet, actuellement poste militaire, est couronné de grosses roches de granite. Altitude, 1.713 mètres. Longitude : 45° 20′ 53″ Est de Paris. Latitude : 19° 24′ 7″ Sud. Baromètre : 629 mm. Thermomètre : 18°,7.

Le méridien géographique a été déterminé par 8 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 16 h. 44 à 17 h. 5. Méridien magnétique : 278° 32′ 41″. Méridien géographique : 288° 54′ 59″. Déclinaison : 10° 22′ 18″ Nord-Ouest.

Inclinaison. — Les observations d'inclinaison ont été faites le lendemain matin 12 septembre 1901, au même endroit.

De 8 heures à 8 h. 25. Première aimantation : 54° 24′ 15″. Pôles renversés : 55° 1′ 30″. Inclinaison moyenne : 54° 42′ 52″.

TSINJOARIVO (12 septembre 1901).

Station. — Dans l'ancien rova de la Reine; terrasse surplombant l'Onivé; placé près du parapet, à 30 mètres Sud de l'ancien palais. Argile couleur rose. Altitude : 1.577 mètres. Longitude : 45° 23′ 54″ Est

de Paris. Latitude : 19° 38′ 2″ Sud. Baromètre : 637 mm. 3. Thermomètre : 13°,3.

Le soleil étant caché par les nuages toute la soirée, nous avons profité d'une éclaircie pendant le commencement de la nuit pour prendre huit distances zénithales de l'étoile α^2 Centaure; par ce moyen, nous avons déterminé l'azimut.

Déclinaison. — De 15 h. 35 à 15 h. 43. Méridien magnétique : 49° 2′. Méridien géographique : 59° 41′. Déclinaison : 10° 39′ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 44 à 16 h. 23. Déviation moyenne : 17° 43′ 41″. Durée d'une oscillation : 3ˢ4372. Température : 13° à 15 h. 44; 12°,8 à 16 h. 23. Composante horizontale : 0,22637.

Inclinaison. — De 16 h. 30 à 17 h. 15. Première aimantation : 54° 53′ 5″. Pôles renversés : 54° 27′ 55″. Inclinaison moyenne : 54° 40′ 30″.

Sarobaratrakely (13 septembre 1901).

Station. — Après avoir terminé un tour d'horizon avec le théodolite, nous prîmes la déclinaison du lieu. Ce point est le dernier sommet Nord de la chaîne de Sarobaratra, voisine de la rivière l'Onivé qui passe à Tsinjoarivo. Terrain quartzeux et aurifère et contenant du fer. Installé près d'un tombeau orné d'emblèmes idolâtriques. Altidude : 1.732 mètres. Longitude : 45° 15′ 54″ Est de Paris. Latitude : 19° 36′ 2″ Sud. Baromètre : 628 mm. 8. Thermomètre : 21°.

Douze hauteurs du soleil ont donné la direction du méridien terrestre.

Déclinaison. — De 15 h. 20 à 15 h. 35. Méridien magnétique : 205° 37′ 37″. Méridien géographique : 216° 28′ 53″. Déclinaison : 10° 51′ 16″ Nord-Ouest.

Antsiriribé (14 septembre 1901).

Station. — Placé au Nord du village à l'extrémité d'un petit plateau. Argile rouge. Altitude : 1.610 mètres. Longitude : 45° 10′ 54″ Est de Paris. Latitude 19° 36′. Le méridien géographique a été obtenu par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 15 h. 52 à 16 h. 15. Méridien magnétique : 140° 24′.

Méridien géographique : 151° 28′ 17″. Déclinaison : 11° 4′ 17″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 18 à 16 h. 59. Déviation moyenne : 17° 45′ 37″. Durée d'une oscillation : 3s4455. Température : 16° à 16 h. 18 et 15°,5 à 16 h. 59. Composante horizontale : 0,22563.

AMBATOLAMPY (15 septembre 1901).

Station. — Sur la place du village, à 40 mètres Ouest de la maison de l'Administrateur. Argile rouge, à l'Ouest grosses roches granitiques. Altitude : 1.599 mètres. Longitude : 45° 7′ 46″ Est de Paris. Latitude : 19° 22′ 6″ Sud. Baromètre : 636 mm. 7. Thermomètre : 14°,5.

Dix hauteurs du soleil ont donné l'azimut.

Déclinaison. — De 16 h. 28 à 16 h. 50. Méridien magnétique : 149° 8′ 11″. Méridien géographique : 159° 57′ 51″. Déclinaison : 10° 49′ 40″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 53 à 17 h. 31. Déviation moyenne : 17° 41′ 52″. Durée d'une oscillation 3s4388. Température : 13°,8 à 16 h. 53; 12°,7 à 17 h. 31. Composante horizontale : 0,22645.

Inclinaison. — De 15 h. 20 à 16 heures. Première aimantation : 55° 5′ 32″. Pôles renversés : 54° 24′ 40″. Inclinaison moyenne : 54° 45′ 6″.

ANDRARATY (17 septembre 1901).

Station. — Près du fossé du Sud-Ouest du village, sur le sentier qui mène au Tsiafajavona. Argile rouge. Altitude : 1.627 mètres. Longitude : 45° 1′ 46″ Est de Paris. Latitude : 19° 21′ 9″ Sud. Baromètre : 636 mm. 7. Thermomètre : 19°.

L'azimut a été obtenu par 12 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 15 h. 23 à 15 h. 36. Méridien magnétique : 223° 44′ 7″. Méridien géographique : 234° 12′ 31″. Déclinaison : 10° 28′ 24″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 11 h. 15 à 12 h. 20. Déviation moyenne : 17° 52′ 41″. Durée d'une oscillation : 3s4355. Température : 17° à 11 h. 15; 17°,6 à 12 h. 20. Composante horizontale : 0,22556.

Inclinaison. — De 10 h. 25 à 11 h. 10. Première aimantation : 54° 43′ 38″. Pôles renversés : 54° 24′ 20″. Inclinaison moyenne : 54° 33′ 59″.

Tsiafajavona (18 septembre 1901).

Station. — Sommet le plus élevé de la chaîne de l'Ankaratra; placé à 4 mètres Nord du signal géodésique; roches volcaniques (néphélinite basaltique) influant sur l'aimant. Altitude : 2.633 mètres. Longitude : 44° 55′ 54″ Est de Paris. Latitude : 19° 21′ Sud. Baromètre : 559 mm. 48. Thermomètre : 13°.

On a obtenu la trace du méridien terrestre par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 11 heures à 11 h. 20. Méridien magnétique : 26° 24′ 7″. Méridien géographique : 23° 8′ 19″. Déclinaison 3° 15′ 48″ Nord-Est.

Inclinaison. — De 12 h. 20 à 12 h. 50. Première aimantation : 47° 57′ 25″. Pôles renversés : 47° 33′. Inclinaison moyenne : 47° 45′ 15″.

Morarano (19 septembre 1901).

Station. — Installé près de l'église catholique au Nord du village. Argile rouge. Altitude : 1.649 mètres. Longitude : 45° 0′ 55″ Est de Paris. Latitude : 19° 32′ 2″ Sud. Baromètre : 632 mm. Thermomètre : 23°.

Nous avons obtenu le méridien géographique par 14 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 13 h. 15 à 13 h. 35. Méridien magnétique : 234° 14′ 14″. Méridien géographique : 245° 20′ 12″. Déclinaison : 11° 5′ 58″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 13 h. 48 à 14 h. 34. Déviation moyenne : 17° 45′ 56″. Durée d'une oscillation : 3^s4455. Température : 21° à 13 h. 48; 21°,6 à 14 h. 34. Composante horizontale : 0,22559.

Inclinaison. — De 12 h. 40 à 13 h. 10. Première aimantation : 55° 16′ 15″. Pôles renversés : 54° 33′ 20″. Inclinaison moyenne : 54° 54′ 47″.

ANTANIFOTSY, Est Ankaratra (20 septembre 1901).

Station. — Placé au Nord-Ouest du village, sur un plateau, près de l'église catholique; à 150 mètres de la rivière l'Onivé. Argile rouge. Altitude : 1.614 mètres. Longitude : 45° 1′ 50″ Est de Paris. Latitude : 19° 39′ 5″ Sud. Baromètre : 634 mm. 4. Thermomètre : 24°.

Par 10 hauteurs du soleil, on a déterminé la trace du méridien terrestre.

Déclinaison. — De 15 h. 32 à 15 h. 50. Méridien magnétique : 209° 10′ 11″. Méridien géographique : 219° 46′ 54″. Déclinaison : 10° 36′ 43″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 14 h. 8 à 14 h. 45. Déviation moyenne : 17° 57′ 26″. Durée d'une oscillation : 3s4444. Température 25° à 14 h. 8; 25°,5 à 14 h. 45. Composante horizontale : 0,22450.

Inclinaison. — De 13 h. 15 à 14 heures. Première aimantation : 54° 36′ 15″. Pôles renversés : 55° 13′ 35″. Inclinaison moyenne : 54° 50′ 25″.

BETAMPONA (21 septembre 1901).

Station. — Placé au Nord-Ouest du village, à 50 mètres des premières maisons, sur un grand plateau. Argile rouge; au Nord roches à textures celluleuses, paraissant avoir subi une fusion. Altitude : 1.790 mètres. Longitude : 44° 58′ 49″ Est de Paris. Latitude : 19° 48′ Sud. Baromètre : 621 m. 2. Thermomètre : 24°,3.

On a obtenu l'azimut par 12 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 15 h. 20 à 15 h. 35. Méridien magnétique : 284° 47′ 22″. Méridien géographique : 295° 36′ 11″. Déclinaison : 10° 48′ 49″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 14 h. 16 à 14 h. 49. Déviation moyenne : 18° 3′ 30″. Durée d'une oscillation : 3s4655. Température : 23°,8 à 14 h. 16; 24°,2 à 14 h. 49. Composante horizontale : 0,22252.

Inclinaison. — De 12 h. 20 à 12 h. 55. Première aimantation : 55° 2′ 5″. Pôles renversés : 55° 34′ 25″. Inclinaison moyenne : 55° 18′ 15″.

SOANDRARINA (22 septembre 1901).

Station. — Instrument placé sur une grande dalle de granite, le sol paraissant peu consistant; à 30 mètres Ouest du village et du grand chemin près d'un grand tombeau. Argile couleur grise. La station se trouve à 21 kilomètres Est de l'ancien volcan Vontovorona. Altitude : 1.821 mètres. Longitude : 44° 55′ 53″ Est de Paris. Latitude : 19° 54′ 2″ Sud. Baromètre : 618 mm. 2. Thermomètre : 20°.

Très gêné par les nuages qui cachaient le soleil. Pendant une éclaircie de 30 minutes, on a pris 10 hauteurs du soleil qui ont donné l'azimut.

Déclinaison. — De 11 h. 20 à 11 h. 35. Méridien magnétique : 77° 38′ 33″. Méridien géographique : 90° 28′ 7″. Déclinaison : 12° 49′ 34″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 11 h. 45 à 12 h. 23. Déviation moyenne : 18° 22′ 45″. Durée d'une oscillation : 3s4905. Température : 18° à 11 h. 45; 18°,6 à 12 h. 23. Composante horizontale : 0,21906.

Inclinaison. — De 11 h. 5 à 11 h. 48. Première aimantation : 56° 6′ 50″. Pôles renversés : 56° 38′ 50″. Inclinaison moyenne : 56° 22′ 50″.

VONTOVORONA (23 septembre 1901).

Station. — A 3 mètres Nord du signal géodésique. Ancien volcan à forme conique. Trachite phonolitique, peu magnétique. Altitude : 2.056 mètres. Longitude : 44° 54′ 50″ Est de Paris. Latitude : 19° 54′ Sud. Baromètre : 599 mm. 6. Thermomètre : 13°.

La trace du méridien terrestre a été obtenue par 14 hauteurs du soleil

Déclinaison. — De 8 h. 25 à 8 h. 40. Méridien magnétique : 151° 37′ 7″ Méridien géographique : 162° 9′ 17″. Déclinaison : 10° 32′ 10″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 12 h. 10 à 12 h. 43. Déviation moyenne 18° 5′ 48″. Durée d'une oscillation : 3s4750. Température : 13° à 12 h. 19; 13°,3 à 12 h. 43. Composante horizontale : 0,22169.

AMBOHIDRANANDRIANA (23 septembre 1901).

Station. — Placé au Nord du village et près du fossé. Terrain d'alluvion; marne, quartz disséminé, argile couleur grise. Altitude: 1.610 mètres. Longitude : 44° 51′ 54″ Est de Paris. Latitude : 19° 54′ 2″ Sud. Baromètre : 635 mm. 2. Thermomètre : 19°,3.

L'azimut a été fixé par 10 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 15 h. 47 à 16 h. 5. Méridien magnétique : 105° 58′. Méridien géographique : 117° 6′ 52″. Déclinaison : 12° 8′ 52″ Nord-Ouest.

ANTSIRABÉ (24 septembre 1901).

Station. — Nous nous sommes installés dans le milieu du jardin de la mission catholique, à 100 mètres Est de l'église, à 400 mètres Est des sources thermales. Argile jaunâtre. Altitude : 1.528 mètres. Longitude : 44° 44′ 46″ Est de Paris. Latitude : 19° 52′ 9″ Sud. Baromètre : 643 mm. Thermomètre : 18°,3.

Dix distances zénithales du soleil ont donné l'azimut.

Déclinaison. — De 11 h. 15 à 11 h. 30. Méridien magnétique : 27° 9′ 3″. Méridien géographique : 38° 28′ 39″. Déclinaison : 11° 14′ 36″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 11 h. 24 à 12 h. 4. Déviation moyenne : 17° 46′ 11″. Durée d'une oscillation : 3ˢ4916. Température : 19°,4 à 11 h. 24; 19°,8 à 12 h. 4. Composante horizontale : 0,22259.

Inclinaison. — De 15 h. 10 à 15 h. 40. Première aimantation : 55° 14′. Pôles renversés : 56° 3′. Inclinaison moyenne : 55° 38′ 30″.

(25 septembre 1921).

Station. — Afin de connaître l'influence du sol, nous nous sommes placés dans la cuvette des sources thermales. Forte couche de tourbe. Trachyte, basaltes, concrétions calcaires. Le terrain marécageux n'étant pas solide, nous avons cherché et fini par trouver un sol ferme près d'un ancien four à briques. Altitude : 1.500 mètres. Baromètre : 645 mm. 4. Thermomètre : 14°,5.

La trace du méridien terrestre a été obtenue par 8 hauteurs du soleil

Déclinaison. — De 7 h. 25 à 7 h. 45. Méridien magnétique : 89° 38′ 37″. Méridien géographique : 101° 2′ 15″. Déclinaison : 11° 23′ 38″.

Au mois de novembre 1921, M. Brown a observé les trois éléments au voisinage de la première station. Ses résultats indiquent une diminution annuelle de 8′ en déclinaison, de — 0,00064 en composante horizontale, et de — 3′1 en inclinaison.

Betafo (26 septembre 1901).

Station. — Sur la grande place, à 200 mètres Nord de la mission catholique. Terrain volcanique; pouzzolane. Altitude : 1.378 mètres. Longitude : 44° 34′ 46″ Est de Paris. Latitude : 19° 50′ 3″ Sud. Baromètre : 651 mm. Thermomètre : 14°,3.

Le méridien géographique a été déduit de 20 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 8 heures à 8 h. 20. Méridien magnétique : 277° 26′. Méridien géographique : 289° 10′ 18″. Déclinaison : 11° 44′ 18″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 8 h. 20 à 9 h. 9. Déviation moyenne : 18° 2′ 33″. Durée d'une oscillation : 3s5250. Température : 15° à 8 h. 20; 15°,6 à 9 h. 9. Composante horizontale : 0,21886.

(25 septembre 1901).

Inclinaison. — De 17 h. 10 à 17 h. 40. Première aimantation : 55° 36′ 7″. Pôles renversés : 55° 59′ 20″. Inclinaison moyenne : 55° 47′ 43″.

Observation : 1° très gêné dans ces trois opérations par une fine poussière que soulève le vent et qui pénètre dans les yeux de l'observateur. 2° M. Brown observa les éléments en une station différente en novembre 1921. Variation annuelle de la déclinaison — 10′, de la comp. hor. — 0,00029, de l'inclinaison — 4′ 6.

Iavoko (26 septembre 1901).

Station. — Ancien volcan ébréché; à l'Est, fortes coulées de laves, scories basaltiques; placé au sommet, sur un petit tertre. Altitude : 1.837 mètres. Longitude : 44° 36′ 27″ Est de Paris. Latitude : 19° 51′ 2″ Sud. Baromètre : 618 mm. 2. Thermomètre : 19°.

Par 10 hauteurs du soleil, on a obtenu l'azimut.

Déclinaison. — De 15 heures à 15 h. 20. Méridien magnétique : 72° 53′. Méridien géographique : 84° 56′ 56″. Déclinaison : 12° 3′ 56″. Nord-Ouest.

ANTANIFOTSY, Ouest Ankaratra (28 septembre 1901).

Station. — Observé à 500 mètres Est du village, à 1 kilomètre Est du Vavavato; argile couleur rose; basalte très altéré et peu magnétique disséminé sur le sol. Altitude : 2.027 mètres. Longitude : 44° 39′ 55″ Est de Paris. Latitude : 19° 41′ 4″ Sud. Baromètre : 605 mm. 2. Thermomètre : 13°.

12 distances zénithales du soleil ont fourni le méridien terrestre.

Déclinaison. — De 7 h. 30 à 7 h. 40. Méridien magnétique : 220° 20′ 3″. Méridien géographique : 231° 1′ 27″. Déclinaison : 10° 41′ 24″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 8 h. 3 à 8 h. 43. Déviation moyenne : 17° 41′ 11″. Durée d'une oscillation : 3s1395. Température : 13° à 8 h. 3; 13°,6 à 8 h. 43. Composante horizontale : 0,22331.

Inclinaison. — De 8 h. 55 à 9 h. 45. Première aimantation : 55° 12′ 40″. Pôles renversés : 54° 48′ 35″. Inclinaison moyenne : 55° 0′ 37″.

MANARILEFONA (28 septembre 1901).

Station. — Village éloigné de 8 kilomètres Nord d'Antanifotsy. Installé à 30 mètres Ouest des fossés du village, et à 100 mètres des maisons. Argile jaunâtre. Le massif rocheux de Manarilefona est distant de 1 kilomètre à l'Est.

On a fixé la trace du méridien terrestre par 12 distances zénithales du soleil. Altitude : 2.080 mètres. Longitude : 44° 40′ 52″ Est de Paris. Latitude : 19° 39′ Sud. Baromètre : 597 mm. Thermomètre : 23°,3.

Déclinaison. — De 15 h. 50 à 16 h. 4. Méridien magnétique : 118° 22′ 59″. Méridien géographique : 129° 15′ 34″. Déclinaison : 10° 52′ 35″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 5 à 16 h. 39. Déviation moyenne : 17° 35′ 44″. Durée d'une oscillation : 3s4861. Température : 20° à 16 h. 5; 19°,4 à 16 h. 39. Composante horizontale : 0,22401.

Tokotanitsara (29 septembre 1901).

Station. — Montagne ayant la forme d'un trapèze; placé à l'Est du plateau et à 2 mètres du versant oriental. Le plateau est jonché de scories basaltiques et magnétiques; terrains volcaniques; le massif basaltique du Vavavato signalé à Antanifotsy se trouve à 2 kilomètres Ouest. Altitude : 2.272 mètres. Longitude : 44° 37′ 55″ Est de Paris. Latitude : 19° 38′ 7″ Sud. Baromètre : 588 mm. Thermomètre : 16°.

Le méridien géographique a été obtenu par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 9 h. 30 à 9 h. 45. Méridien magnétique : 41°21′ 33″. Méridien géographique : 79° 40′ 9″. Déclinaison : 38° 18′ 36″ Nord-Ouest.

Belamosina.

Station. — Installé à 100 mètres Sud du village. Argile rouge; aux environs pierres ayant reçu un commencement de fusion. Le massif du Vavavato se trouve à 2 kilomètres Ouest. Altitude : 2.079 mètres. Longitude : 44° 37′ 49″ Est de Paris. Latitude : 19° 35′ 4″ Sud. Baromètre : 602 mm. 3. Thermomètre : 15°,3.

(30 septembre 1901).

Déclinaison. — De 7 h. 35 à 8 heures. A cause des nuages, on n'a pu prendre que trois hauteurs du soleil durant une éclaircie pour obtenir l'azimut. Méridien magnétique : 254° 27′ 3″. Méridien géographique : 266° 15′ 34″. Déclinaison 11° 48′ 31″ Nord-Ouest.

(29 septembre 1901).

Composante horizontale. — De 15 h. 8 à 16 heures. Déviation moyenne : 17° 22′ 52″. Durée d'une oscillation : 3s4633. Température : 17° à 15 h. 8; 16°,4 à 16 heures. Composante horizontale : 0,22682.

(29 septembre 1901).

Inclinaison. — De 14 h. 5 à 14 h. 40. Première aimantation : 55° 44′ 0″. Pôles renversés : 55° 2′ 30″. Inclinaison moyenne : 55° 23′ 15″.

TSARAZAFY (30 septembre 1901).

Station. — Village au Sud du cratère-lac de Vinaninony, entouré d'anciens volcans. Instrument placé à 60 mètres Nord-Est du village, sur un tertre forme éperon, près d'un tombeau. Argile jaune; au voisinage, roches basaltiques; trachyte augitique, magnétique; quartz blanc. A 8 kilomètres Ouest, eaux thermales ayant une température de 60°, Altitude : 1.937 mètres. Longitude : 44° 38′ 48″ Est de Paris. Latitude : 19° 33′ 2″ Sud. Baromètre : 611 mm. Thermomètre : 18°,8.

On a obtenu le méridien terrestre par 6 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 10 h. 6 à 10 h. 30. Méridien magnétique : 108° 8′ 56″. Méridien géographique : 120° 30′ 8″. Déclinaison : 12° 21′ 12″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 10 h. 34 à 11 h. 7. Déviation moyenne : 15° 42′ 56″. Durée d'une oscillation : 3s6894. Température : 20°,5 à 10 h. 34; 21° à 11 h. 7. Composante horizontale : 0,22361.

Inclinaison. — De 11 h. 10 à 12 h. 6. Première aimantation : 52° 44′ 10″. Pôles renversés : 53° 39′ 5″. Inclinaison moyenne : 53° 11′ 37″.

FARATSIHO (1er octobre 1901).

Station. — Instrument placé dans un champ, à 150 mètres Sud de l'église catholique. Argile couleur grise; quartz disséminé de tous côtés. Altitude : 1.798 mètres. Longitude : 44° 38′ 54″ Est de Paris. Latitude : 19° 23′ 3″ Sud. Baromètre : 622 mm. 2. Thermomètre : 17°.

On a déterminé le méridien par 12 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 12 h. 15 à 12 h. 30. Méridien magnétique : 337° 2′. Méridien géographique : 348° 6′ 37″. Déclinaison : 11° 4′ 37″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 12 h. 31 à 13 h. 5. Déviation moyenne : 17° 21′ 37″. Durée d'une oscillation : 3s4888. Température : 19° à 12 h. 31; 19°,7 à 13 h. 5. Composante horizontale : 0,22530.

Inclinaison. — De 11 h. 20 à 12 h. 6. Première aimantation : 55° 12′ 15″. Pôles renversés : 54° 30′ 25″. Inclinaison moyenne : 54° 51′ 20″.

Ambohipoloalina (2 octobre 1901).

Station. — Montagne couverte de quartz et de pierres brûlées, trachyte phonolitique, magnétique; terre noirâtre; au Nord-Ouest, lignite. L'instrument a été placé près du signal géodésique. Altitude : 2.100 mètres. Longitude : 44° 36′ 47″ Est de Paris. Latitude : 19° 23′ 1″ Sud. Baromètre : 600 mm. 1. Thermomètre : 14°. Les nuages n'ont permis de prendre que 6 hauteurs du soleil pour fixer l'azimut.

Déclinaison. — De 9 h. 32 à 9 h. 50. Méridien magnétique : 98° 3′ 37″. Méridien géographique : 113° 39′ 20″. Déclinaison : 15° 35′ 43″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 10 h. 23 à 11 h. 2. Déviation moyenne : 25° 51′ 11″. Durée d'une oscillation : 4s2031. Température : 18° à 10 h. 23; 18°,7 à 11 h. 2. Composante horizontale : 0,15469.

Andakandrano (3 octobre 1901).

Station. — Installé à 150 mètres Ouest du village. Argile rouge très micacée; quartz. Altitude : 1,533 mètres. Longitude : 44° 31′ 55″ Est de Paris. Latitude : 19° 17′ 8″ Sud. Baromètre : 642 mm. Thermomètre : 18°,8.

Huit distances zénithales du soleil ont fourni l'azimut.

Déclinaison. — De 7 h. 20 à 7 h. 35. Méridien magnétique : 74° 26′ 29″. Méridien géographique : 85° 13′ 19″. Déclinaison : 10° 46′ 50″ Nord-Ouest.

Dango (3 octobre 1901).

Station. — Montagne la plus élevée du massif; quatre lacs dont deux sont actuellement desséchés. Placé au point culminant, près d'une pierre. Altitude : 1.795 mètres. Longitude : 44° 34′ 46″ Est de Paris. Latitude : 19° 7′ 3″ Sud. Baromètre : 624 mm. 1. Thermomètre : 22°,2.

Le méridien géographique a été obtenu par 12 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 9 h. 30 à 9 h. 45. Méridien magnétique : 108° 31′. Méridien géographique : 123° 23′ 25″. Déclinaison : 14° 54′ 25″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 9 h. 46 à 10 h. 22. Déviation moyenne : 17° 38′ 22″. Durée d'une oscillation : 3s5355. Température : 24° à 9 h. 46; 24°,6 à 10 h. 22. Composante horizontale : 0,22061.

Ramainandro (3 octobre 1901).

Station. — Nous nous sommes placés au-dessus du village, sur le versant Est de la vallée, en contre-bas Ouest de la maison et du jardin du gouverneur. Terre couleur blanche; roches granitiques, quartz; dans la vallée eaux thermales à 600 mètres Ouest-Sud-Ouest; bombes volcaniques énormes. Altitude : 1.457 mètres. Longitude : 44° 42′ 50″ Est de Paris; Latitude : 19° 17′ 9″ Sud. Baromètre : 648 mm. 2. Thermomètre : 24°,6.

Par 10 distances zénithales du soleil, on a fixé la trace du méridien terrestre.

Déclinaison. — De 15 h. 15 à 15 h. 30. Méridien magnétique : 265° 38′ 7″. Méridien géographique : 276° 43′ 20″. Déclinaison 11° 5′ 13″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 38 à 16 h. 13. Déviation moyenne : 17° 20′ 37″. Durée d'une oscillation : 3s4972. Température : 25° à 15 h. 38; 24°,6 à 16 h. 13. Composante horizontale : 0,22486.

Déclinaison. — De 14 h. 15 à 15 heures. Première aimantation : 54° 11′ 10″. Pôles renversés : 54° 51′ 5″. Inclinaison moyenne : 54° 31′ 7″.

Soavinandriana (4 octobre 1901).

Station. — Installé à 150 mètres Nord du village, au milieu d'une place. Le village est situé sur un plateau dont le sol est constitué par de la pouzzolane, avec basalte limburgitique, magnétique. A 6 kilomètres Sud-Ouest, ligne d'anciens volcans dont les coulées de laves traversent le chemin de Ramainandro. A 12 kilomètres eaux thermales. Fréquents tremblements de terre dans la région. Altitude : 1.613 mètres. Longitude : 44° 26′ 55″ Est de Paris. Latitude : 19° 9′ 6″ Sud. Baromètre : 635 mm. 9. Thermomètre : 21°,2.

On a obtenu l'azimut par 12 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 16 h. 45 à 17 heures. Méridien magnétique : 132° 25′ 37″. Méridien géographique : 143° 5′ 56″. Déclinaison : 10° 40′ 19″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 17 h. 6 à 17 h. 43. Déviation moyenne : 17° 44′ 15″. Durée d'une oscillation : 3s5055. Température : 19°,6 à 17 h. 6; 19° à 17 h. 43. Composante horizontale : 0,22190.

(5 octobre 1901).

Inclinaison. — De 7 heures à 7 h. 40. Première aimantation : 55° 15′ 55″. Pôles renversés : 55° 49′ 45″. Inclinaison moyenne : 55° 32′ 50″.

AMBASY (5 octobre 1901).

Station. — Montagne située à l'Ouest du lac Itasy; ancien volcan de forme conique; installé au sommet à côté d'un tas de pierres, scories basaltiques, magnétiques. Altitude : 1.709 mètres. Longitude : 44° 26′ 50″ Est de Paris. Latitude : 19° 5′ 9″ Sud. Baromètre : 630 mm. 8. Thermomètre : 22°.

12 distances zénithales du soleil ont donné la trace du méridien terrestre.

Déclinaison. — De 13 heures à 13 h. 15. Méridien magnétique : 122° 11′ 48″. Méridien géographique : 133° 55′. Déclinaison : 11° 43′ 12″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 12 h. 14 à 12 h. 58. Déviation moyenne : 17° 50′ 11″. Durée d'une oscillation : 3s5344. Température : 21°,3 à 12 h. 15; 21° à 12 h. 58. Composante horizontale : 0,21949.

AMPEFY (5 octobre 1901).

Station. — Village sur les bords Ouest du lac Itasy, à 6 kilomètres d'Ambasy, station précédente. Terrain d'alluvion. Installé près de la porte Nord du village. Altitude : 1.268 mètres. Longitude : 44° 26′ 59″ Est de Paris. Latitude : 19° 2′ 8″ Sud. Baromètre : 663 mm. 8. Thermomètre : 22°,2.

10 distances zénithales du soleil ont fourni la trace du méridien terrestre.

Déclinaison. — De 17 heures à 17 h. 15. Méridien magnétique : 8° 6′ 22″. Méridien géographique : 17° 32′. Déclinaison : 9° 25′ 38″ Nord-Ouest.

(6 octobre 1901).

Inclinaison. — *Station.* — En essuyant l'aiguille n° 1 qui m'a toujours servi dans les expériences d'inclinaison, j'ai la maladresse de la laisser tomber à terre; l'un des pivots qui a reçu le choc a été faussé. On remarquera la différence énorme des deux aimantations; les moyennes des résultats donnent cependant une inclinaison assez exacte.

De 7 heures à 7 h. 45. Première aimantation : 50° 10′ 30″. Pôles renversés : 59° 45′ 20″. Inclinaison : 54° 57′ 55″.

Ambohimiangara (6 octobre 1901).

Station. — Montagne en dehors de la zone volcanique. Instrument placé au Sud du signal géodésique. Sol couvert de fragments de quartz micaschistes très altérés, non magnétiques. Altitude : 1.868 mètres. Longitude : 44° 34′ 46″ Est de Paris. Latitude : 18° 59′ 9″ Sud. Baromètre : 617 mm. 2. Thermomètre : 18°,3.

On a observé 10 distances zénithales du soleil qui ont donné l'azimut.

Déclinaison. — De 14 h. 49 à 15 h. 5. Méridien magnétique : 135° 10′ 53″. Méridien géographique : 145° 43′ 5″. Déclinaison moyenne : 10° 32′ 12″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 13 h. 59 à 14 h. 30. Déviation moyenne : 17° 10′ 30″. Durée d'une oscillation : 3s4633. Température : 20° à 13 h. 59; 20°,6 à 14 h. 30. Composante horizontale : 0,22822.

Miarinarivo (6 octobre 1901).

Station. — Instrument placé dans le jardin de la mission catholique près du grand chemin allant au village. Argile rougeâtre et gneiss. Altitude : 1.379 mètres. Longitude : 44° 26′ 50″ Est de Paris. Latitude : 18° 57′ 2″ Sud. Baromètre : 655 mm. 9. Thermomètre : 20°.

On a obtenu le méridien terrestre par 6 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 17 h. 28 à 17 h. 39. Méridien magnétique : 352° 24′.

Méridien géographique : 362° 54′ 34″. Déclinaison : 10° 30′ 34″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 17 h. 40 à 18 h. 6. Déviation moyenne : 17° 14′ 30″. Durée d'une oscillation : 3s4722. Température : 18°,5 à 17 h. 40; 18° à 18 h. 6. Composante horizontale : 0,22713.

(7 octobre 1901).

Inclinaison. — De 7 heures à 7 h. 40. Première aimantation : 58° 56′ 35″. Pôles renversés : 48° 46′ 40″. Inclinaison moyenne : 53° 51′ 37″.

SOAMAHAMANINA (7 octobre 1901).

Station. — Placé à 100 mètres Sud du village sur les bords du grand chemin de Miarinarivo. Argile rouge; dans le ruisseau voisin, pierres entourées d'une couche d'oxyde de fer; sur la grand'route, on a signalé de la magnétite; les indigènes exploitent le minerai de fer abondant dans la région. Altitude : 1.436 mètres. Longitude : 44° 42′ 48″ Est de Paris. Latitude : 18° 59′ 4″ Sud. Baromètre : 652 mm. 2. Thermomètre : 24°,8.

Azimut obtenu par 6 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 11 h. 24 à 11 h. 35. Méridien magnétique : 260° 44′ 22″. Méridien géographique : 266° 43′ 47″. Déclinaison : 5° 59′ 25″ Nord-Ouest.

Inclinaison (aiguille n° 2). — De 10 h. 28 à 11 h. 10. Première aimantation : 58° 53′. Pôles renversés : 58° 58′ 30″. Inclinaison moyenne : 58° 55′ 45″.

ARIVONIMAMO (8 octobre 1901).

Station. — Dans un champ, à 100 mètres Nord de l'école normale catholique. Argile rouge; à 1 km. 500, massif granitique de la montagne Ambohipanompo; dans les environs, pierres volcaniques. Altitude : 1.404 mètres. Longitude : 44° 52′ 52″ Est de Paris. Latitude : 19° 0′ 5″ Sud. Baromètre : 650 mm. 5. Thermomètre : 17°,5.

Douze hauteurs du soleil ont fourni la trace du méridien terrestre.

Déclinaison. — De 7 h. 18 à 7 h. 35. Méridien magnétique : 57° 24′ 52″. Méridien géographique : 67° 21′ 11″. Déclinaison : 9° 56′ 19″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 7 h. 35 à 8 h. 5. Déviation moyenne : 16° 58′ 52″. Durée d'une oscillation : 3s4477. Température : 18°,6 à 7 h. 35; 19°,1 à 8 h. 5. Composante horizontale : 0,23044.

(7 octobre 1901).

Inclinaison (aiguille n° 1). — De 17 heures à 17 h. 40. Première aimantation : 48° 48′ 35″. Pôles renversés : 58° 43′. Inclinaison moyenne : 53° 45′ 47″.

Discussion des résultats de 1901. — Les résultats magnétiques précédents démontrent la présence de plusieurs centres de perturbations que nous allons analyser et signaler.

Tout d'abord une anomalie frappante existe sur Tsiafajavona, sommet le plus élevé de la chaîne volcanique de l'Ankaratra. Au lieu d'indiquer le Nord-Nord-Ouest, une boussole franchit le Nord de 3° 15′ 48″; l'inclinaison devrait marquer 54° 30′; or, elle tombe à 47° 45′ 15″. Faute de temps je n'ai pu observer l'intensité.

En raison de sa masse et de son altitude, l'Ankaratra exerce une influence considérable sur son voisinage. A mesure qu'on s'en éloigne du côté du plateau oriental, vers Andraraty et Antanifotsy (Est), les trois éléments semblent reprendre leur marche ordinaire.

Un second centre de perturbation moins accentué que celui de l'Ankaratra apparaît plus loin, à proximité du Vontovorona. Ce faîte de séparation des eaux, les unes se dirigeant vers le Nord, les autres vers le Sud, est constitué par une série d'anciens volcans. En admettant que les éléments soient réguliers à Antanifotsy (Est), à savoir : déclinaison : 10° 36′ 43″; inclinaison : 54° 50′ 25″; composante horizontale : 0,22450; on constate une augmentation rapide de la déclinaison et de l'inclinaison, puis une diminution assez forte de la composante horizontale à mesure que l'on gravit les pentes de ce massif; Betempona : 10° 48′ 49″, Soandrarina : 10° 49′ 34″ de déclinaison; inclinaison : 55° 18′ 15″, 56° 22′ 50″ dans la première et deuxième station; composante horizontale : 0,22252 et 0,22054 à Betempona et Soandrarina. Sur le sommet du Vontovorona, diminution générale de la déclinaison 10° 32′ 10″, de l'inclinaison

50° 14′ 31″, de la composante horizontale 0,22169. Ambohidranandriana qui en est distant de 4 km. 650 Ouest, possède une déclinaison élevée : 12° 8′ 52″.

A l'Ouest du Vontovorona, s'étend une zone volcanique dont nous allons étudier les effets perturbateurs.

La différence de déclinaison entre la station des sources thermales d'Antsirabé et une autre éloignée de 300 mètres égale 9′, ce qui n'est pas normal. Entre Antsirabé et Betafo, situés pourtant presque sur le même parallèle, la différence du même élément s'accentue et atteint exactement un demi-degré; à Iavoko, ancien volcan qui domine l'Est de Betafo, j'ai obtenu sur le cratère, 12° 3′ 56″. L'inclinaison d'Antsirabé et de Betafo diffère de 9′ et augmente de l'Est à l'Ouest. L'intensité horizontale diminue d'après cette même direction.

Remontant de Betafo vers le Nord, nous longeons une chaîne de volcans qui s'échelonnent sur 80 kilomètres de distance. La déclinaison d'Antanifotsy Ouest paraît normale; il semble qu'on peut fixer d'une manière certaine avec Antanifotsy (Est) et Tsinjoarivo, l'isogone de 10° 40′; l'influence perturbatrice du volcan suivant ne s'exerce pas sur ce point. A Tokotanitsara, 6 kilomètres Nord-Ouest d'Antanifotsy, la déclinaison offre une discordance remarquable : 38° 18′ 30″ Nord-Ouest. La boussole se dirige du côté du massif du Vavavato qui en est éloigné de 2 kilomètres Ouest. Les trois stations qui contournent Tokotanitsara du Sud-Est vers le Nord, présentent cette curieuse particularité, la déclinaison, l'inclinaison et la composante horizontale augmentent graduellement.

Cinquième anomalie sur les bords du cratère lac du Vinaninony. A Tsarazafy, situé au pied du volcan conique de Mandazotanora.

La valeur de déclinaison 12° signalée précédemment dans le Sud, Soandrarina, Ambohindranandriana, Iavoko, reparaît brusquement.

L'inclinaison est plus faible de 2° environ. La composante horizontale diminue. Les oscillations pendulaires du barreau aimanté éprouvent en ce lieu un retard plus accentué que d'ordinaire et qui me surprend. Afin de n'avoir aucun doute à ce sujet, j'ai compté trois séries de 100 oscil-

lations chacune. La première exécutée avant les déviations a donné comme moyenne d'une oscillation 3^s6966, tandis qu'à la fin des opérations, la deuxième égalait 3^s6822; la troisième 3^s6944.

La déviation moyenne 15° 42′ 56″ est la valeur la plus faible que nous ayons trouvée durant toutes nos opérations à Madagascar.

Cette irrégularité dans l'intensité s'accentue encore davantage sur le sommet d'Ambohipoloalina, très probablement ancien volcan à en juger d'après sa forme conique, les trachytes magnétiques, la couleur noirâtre de la terre et les pierres de quartz brûlées qui jonchent le sol. La durée d'une oscillation y égale 4^s2000 à la première série, 4^s2062 à la deuxième, enfin à la troisième 4^s0312. De plus le barreau dévié s'écarte de 25° 51′ 11″ à la plus courte distance, lorsque partout ailleurs l'angle de déviation varie entre 17° et 18°. La composante horizontale acquiert une valeur extraordinairement faible 0,15469. La déclinaison est aussi anormale : 15° 35′ 43″. L'approche d'un orage m'empêcha d'observer l'inclinaison.

D'où provient cette perturbation? Est-ce un effet des courants telluriques, d'une puissante force magnétique souterraine? Est-ce une inégale distribution des masses au sein de cette région volcanique profondément bouleversée, ou quelque autre donnée géologique qui nous échappe? L'avenir nous le dira peut-être.

Remarquons en passant que la station de Faratsiho, distante de 6 km. 700 Sud-Est, donne des éléments magnétiques relativement réguliers. Le massif de Dango limite les champs des grandes anomalies.

A Ankadandrano, l'aiguille aimantée reprend sa liberté d'allure. — Franchissons la région volcanique de l'Itasy. Il y a lieu de signaler un minimum de déclinaison sur les bords du cratère-lac du village Ampefy, et un maximum sur l'ancien volcan d'Ambasy, enfin une valeur intermédiaire à Soavinandriana. L'inclinaison paraît toujours forte dans les stations d'Ampefy et de Soavinandriana. La composante horizontale acquiert une valeur faible au sommet du volcan d'Ampefy et plus forte à Soavinandriana.

L'influence perturbatrice cesse dès qu'on s'écarte à l'Est de cette zone

volcanique. Ainsi du côté d'Ambohimiangara et de Miarinarivo, les forces magnétiques se trouvent également distribuées.

La forte anomalie de la déclinaison à Sohamanina est locale et occasionnée par la magnétite, les scories du fer, abondantes dans la région.

Arivonimamo indique une déclinaison faible. Il est probable que toute la vallée Nord du volcan d'Ambohimahavony et la montagne voisine d'Ambohipanompo exercent un sujet de trouble sur l'aiguille aimantée.

Résumons cet ensemble d'observations : 1° dans le massif central de Madagascar, les perturbations les plus étendues et les plus fortes affectent l'arête de l'Ankaratra, la ligne de faîte du Vontovorona ainsi que la ramification du massif de Vavavato; 2° le plateau oriental qui borde l'arête de l'Ankaratra possède un champ magnétique plus régulier que celui de la région occidentale; les zones volcaniques ont une influence locale et de faible rayon.

Ambohipanompo (12 avril 1902).

Station. — Montagne à 3 km. 600 Est-Nord-Est d'Arivonimamo. Installé au sommet sur un tertre. Roches de gneiss. Altitude : 1.608 mètres. Longitude : 44° 55′ 58″ Est de Paris. Latitude : 18° 59′ 9″ Sud. Baromètre : 633 mm. 28. Thermomètre : 20°.

L'azimut a été obtenu par 6 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 9 h. 39 à 9 h. 52. Méridien magnétique : 261° 6″ 18″. Méridien géographique : 274° 57′ 47″. Déclinaison : 13° 51′ 29″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 10 h. 44 à 11 h. 19. Déviation moyenne : 17° 55′ 59″. Durée d'une oscillation : 3ˢ5244. Température : 22°,4 à 10 h. 44, 22° à 11 h. 19. Composante horizontale : 0,21944.

Soamahamanina (13 avril 1902).

Station. — Placé à 10 mètres Nord de la station du 7 octobre 1901 afin de pouvoir viser le soleil caché par des arbres. Le résultat étrange, obtenu l'an dernier, m'avait inspiré une certaine défiance; j'ai donc recommencé les expériences de déclinaison sept mois plus tard, et com-

plété les observations magnétiques par la composante horizontale et l'inclinaison. Même coordonnées que le 7 octobre 1901. Baromètre : 649 mm. 4. Thermomètre : 18°.

Le méridien géographique a été obtenu par 6 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 14 h. 56 à 15 h. 10. Méridien magnétique : 87° 32′ 41″. Méridien géographique : 81° 20′ 57″. Déclinaison : 6° 11′ 44″ Nord-Est.

Composante horizontale. — De 14 h. 10 à 14 h. 42. Déviation moyenne : 17° 28′ 30″. Durée d'une oscillation : 3s4616. Température : 17°,3 à 14 h. 10, 17°,8 à 14 h. 42. Composante horizontale : 0,22634.

Inclinaison. — De 13 h. 25 à 14 h. 5. Première aimantation : 54° 48′ 35″. Pôles renversés : 54° 59′ 50″. Inclinaison moyenne : 54° 51′ 12″.

AMBOANANA (14 avril 1902).

Station. — Installé au Nord du village, sur la place du marché d'Alarobia, à 60 mètres des premières maisons. Argile rouge. Altitude : 1.554 mètres. Longitude : 44° 52′ 54″ Est de Paris; Latitude : 19° 7′ 9″ Sud. Baromètre : 640 mm. 2. Thermomètre : 16°.

La trace du méridien terrestre a été déterminée d'après 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 9 h. 40 à 10 h. 5. Méridien magnétique : 95° 47′ 52″. Méridien géographique : 106° 26′ 55″. Déclinaison : 10° 39′ 3″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 10 h. 6 à 10 h. 40. Déviation moyenne : 17° 39′ 11″. Durée d'une oscillation : 3s4866. Température : 17° à 10 h. 6, 17°,6 à 10 h. 40. Composante horizontale : 0,22362.

Inclinaison. — De 11 heures à 11 h. 35. Première aimantation : 53° 43′ 27″. Pôles renversés : 54° 15′ 57″. Inclinaison moyenne : 53° 59′ 42″.

AMBOHIFOHITRIMO (15 avril 1902).

Station. — Placé à 100 mètres Nord du village, sur le grand chemin d'Arivonimamo à Manalalondo; près d'une haute pierre commémorative. Altitude : 1.612 mètres. Longitude : 44° 44′ 50″ Est de Paris. Latitude : 19° 5′ 9″ Sud. Baromètre : 636 mm. 3. Thermomètre : 15°.

Dix hauteurs du soleil ont donné l'azimut.

Déclinaison. — De 9 h. 40 à 10 heures. Méridien magnétique : 180° 29′ 7″. Méridien géographique : 190° 50′ 9″. Déclinaison : 10° 21′ 2″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 10 h. 4 à 10 h. 38. Déviation moyenne : 17° 29′ 29″. Durée d'une oscillation : 3s4800. Température : 17° à 10 h. 4, 17°,5 à 10 h. 38. Composante horizontale : 0,22504.

Inclinaison. — De 10 h. 45 à 11 h. 25. Première aimantation : 54° 14′ 15″. Pôles renversés : 54° 27′. Inclinaison moyenne : 54° 29′ 37″.

BEHENGY (23 septembre 1902).

Station. — Installé à 30 mètres Nord du gîte d'étapes. Argile rouge. Altitude : 1.384 mètres. Longitude : 45° 11′ 52″ Est de Paris. Latitude : 19° 12′ 7″ Sud.

Inclinaison. — De 17 heures à 17 h. 45. Première aimantation : 54° 56′ 47″. Pôles renversés : 54° 28′ 27″. Inclinaison moyenne : 54° 42′ 37″.

AMBATOLAMPY (23, 24 septembre 1902).

Station. — Installé à 10 mètres Ouest de l'emplacement de 1901, 15 septembre.

L'azimut a été obtenu par 16 hauteurs du soleil.

(24 septembre 1902).

Déclinaison. — De 16 h. 20 à 16 h. 40. Méridien magnétique : 359° 44′ 33″. Méridien géographique : 370° 20′ 40″. Déclinaison : 10° 36′ 7″ Nord-Ouest.

(23 septembre 1902).

Composante horizontale. — De 16 h. 36 à 17 h. 14. Déviation moyenne : 17° 24′ 30″. Durée d'une oscillation : 3s5122. Température : 22° à 16 h.36 ; 21°,7 à 17 h. 14. Composante horizontale : 0,22350.

Inclinaison. — De 14 h. 50 à 15 h. 30. Première aimantation : 54° 28′ 12″. Pôles renversés : 55° 17′ 57″. Inclinaison moyenne : 54° 53′ 4″.

Miantsoarivo (23 septembre 1902).

Station. — Installé à 60 mètres Nord-Ouest de l'église catholique, au pied d'un arbre. Argile rouge. Altitude : 1.437 mètres. Longitude : 45° 6′ 52″ Est de Paris. Latitude : 19° 11′ 9″ Sud. Baromètre : 648 mm. 1. Thermomètre : 22°,7.

On a obtenu la trace du méridien terrestre par 12 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 13 h. 30 à 13 h. 45. Méridien magnétique : 74° 25′ 33″. Méridien géographique : 84° 13′ 39″. Déclinaison : 9° 48′ 6″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 13 h. 44 à 14 h. 20. Déviation moyenne : 16° 56′ 37″. Durée d'une oscillation : 3^s4744. Température : 23°,5 à 13 h. 44; 24° à 14 h. 20. Composante horizontale : 0,22891.

Inclinaison. — De 13 heures à 13 h. 30. Première aimantation : 54° 3′ 52″. Pôles renversés : 54° 30′ 12″. Inclinaison moyenne : 54° 17′ 2″.

Fehibé (26 septembre 1902).

Station. — Instrument installé sur la place du village. Aux alentours pierres brûlées; cendres siliceuses. Altitude : 1.457 mètres. Longitude : 45° 2′ 46″ Est de Paris. Latitude : 19° 8′ 5″ Sud. Baromètre : 645 mm. 3. Thermomètre : 28°.

Seize distances zénithales du soleil ont fourni l'azimut.

Déclinaison. — De 12 h. 50 à 13 h. 10. Méridien magnétique : 125° 11′ 11″. Méridien géographique : 136° 12′ 46″. Déclinaison : 11° 1′ 35″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 11 h. 44 à 12 h. 47. Déviation moyenne : 17° 29′ 37″. Durée d'une oscillation : 3^s5372. Température : 24°,5 à 11 h. 44; 25° à 12 h. 47. Composante horizontale : 0,22140.

Inclinaison. — De 11 h. 10 à 11 h. 35. Première aimantation : 56° 3′ 20″. Pôles renversés : 55° 42′ 8″. Inclinaison moyenne : 55° 52′ 44″.

Tsirangaina (26 septembre 1902).

Station. — Placé à 50 mètres Nord de l'église catholique près du fossé du village. Argile rouge; à l'Est deux alignements granitiques. Altitude : 1.345 mètres. Longitude : 45° 6′ 49″ Est de Paris. Latitude : 19° 5′ 6″ Sud. Baromètre : 653 mm. 4. Thermomètre : 22°,6.

Le méridien géographique a été obtenu par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 16 h. 55 à 17 h. 10. Méridien magnétique : 108° 39′. Méridien géographique : 119° 16′ 40″. Déclinaison : 10° 37′ 40″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 17 h. 12 à 17 h. 44. Déviation moyenne : 16° 59′ 52″. Durée d'une oscillation : 3s4850. Température : 18° à 17 h. 12; 17°,5 à 17 h. 44. Composante horizontale : 0,22786.

Inclinaison. — De 7 heures à 7 h. 35. Première aimantation : 54° 32′ 25″. Pôles renversés : 54° 0′ 45″. Inclinaison moyenne : 54° 16′ 35″.

Discussion des résultats de 1902. — La perturbation qui affecte la déclinaison d'Arivonimamo avait été attribuée non seulement aux coulées du volcan Ambohimahavony dans la direction Nord du plateau, mais encore au massif voisin d'Ambohipanompo. Cette opinion semble corroborée par les observations magnétiques opérées sur ce sommet en 1902. La déclinaison obtenue est trop élevée pour une telle latitude. La différence avec Arivonimamo distant de 3 km. 600 atteint presque 4°. De plus l'oscillation du barreau aimanté se produit avec une lenteur plus accentuée qu'à la station inférieure; pour 290 mètres de différence de niveau, le ralentissement du moment oscillatoire égalerait 0s76, valeur anormale.

L'angle de déviation surpasse aussi de 1° celui observé à Arivonimamo. Dès lors la composante horizontale indique un résultat moindre de 0,01100 avec la station voisine. Cette chaîne de séparation de deux volcans, Ambohimahavony et Savina, ne présente en fait de manifestation extérieure de perturbations, qu'un chaos de roches gneissiques et de terres éboulées, principalement sur le versant oriental.

La comparaison des résultats de Soamahamanina, 7 octobre 1901 et

13 octobre 1902, à sept mois d'intervalle, est très instructive au point de vue du minerai de fer qui abonde dans la région. Il a suffi de s'écarter de quelques mètres de la position qu'occupait l'instrument l'année précédente, pour obtenir une augmentation de 12′ 19″ en déclinaison et de 4° 1′ 33″ en inclinaison. La composante horizontale est moindre qu'à Miarinarivo distant de 12 kilomètres.

Nous serions portés à croire que, à l'endroit même de nos opérations, le sous-sol recélait des fragments de magnétites qui attiraient énergiquement le pôle nord de l'aiguille aimantée.

Les deux stations d'Amboanana et d'Ambohifohitrimo n'offrent aucune particularité anormale.

A Ambatolampy, je n'ai pu réitérer les observations magnétiques au même endroit que l'année précédente. Un banc malencontreusement fixé en terre et libéralement pourvu de clous en fer, m'obligea de reculer l'appareil d'une dizaine de mètres vers l'Ouest. La déclinaison diminuerait de 13′ 33″ en un an; la composante horizontale de 0,00295; enfin, phénomène assez étrange que nous rencontrerons plus tard à la station suivante, l'inclinaison augmente de 8′ au lieu de diminuer. Faut-il attribuer cette dernière anomalie à un épanchement vers le village actuel de la coulée volcanique qu'on aperçoit sur le grand chemin qui contourne l'Est d'Antarahazonampempina?

La vallée de la rivière de Katsaoka, première assise nord du massif de l'Ankaratra, que nous allons partiellement explorer, présente de singulières anomalies magnétiques à Miantsoarivo et Fehibé. L'étude détaillée de cette contrée demande à être complétée par de nombreux levés; nous y reviendrons ultérieurement dans la discussion des résultats de 1904.

Miadamanjaka (21 septembre 1903).

Station. — Nous nous sommes établis près du fossé Ouest de l'église catholique. Argile rouge. Altitude : 1.353 mètres. Longitude : 45° 13′ 54″ Est de Paris. Latitude : 18° 59′ 20″ Sud. Baromètre : 656 mm. 4. Température : 20°.

L'azimut a été obtenu par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 16 h. 10 à 16 h. 29. Méridien magnétique : 92° 48′ 18″. Méridien géographique : 102° 46′ 18″. Déclinaison : 9° 58′ 0″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 30 à 17 heures. Déviation moyenne : 15° 51′ 52″. Durée d'une oscillation : 3s5983. Température : 19°,5 à 16 h. 30; 19° à 17 heures. Composante horizontale : 0,22832.

Inclinaison. — De 11 heures à 11 h. 30. Première aimantation : 54° 2′ 17″. Pôles renversés : 54° 57′ 47″. Inclinaison moyenne : 54° 30′ 2″.

Ambohibololona (22 et 23 septembre 1903).

Station. — On s'est placé à 50 mètres Nord de l'église catholique sous un arbre. Argile rouge; kaolin; les ruisseaux voisins charrient beaucoup de fer oxydulé. Altitude : 1.413 mètres. Longitude : 45° 14′ 58″ Est de Paris. Latitude : 19° 3′ 30″ Sud. Baromètre : 652 mm. 7. Thermomètre : 15°.

Par six hauteurs du soleil, on a obtenu la trace du méridien terrestre.

(22 septembre 1903).

Déclinaison. — De 14 h. 40 à 15 h. 5. Méridien magnétique : 110° 12′ 52″. Méridien géographique : 120° 47′ 46″. Déclinaison : 10° 34′ 54″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 6 à 15 h. 38. Déviation moyenne : 16° 4′ 22″. Durée d'une oscillation : 3s6288. Température : 15° à 15 h. 6; 14°,7 à 15 h. 38. Composante horizontale : 0,22487.

(23 septembre 1903).

Inclinaison. — De 12 h. 50 à 13 h. 30. Première aimantation : 54° 33′ 50. Pôles renversés : 53° 55′ 7″. Inclinaison moyenne : 54° 14′ 28″.

Mandrosoa (24 septembre 1903).

Station. — Nous nous sommes installés dans l'enclos Nord de l'église catholique. Argile rouge. Le village est situé au pied d'une montagne couverte de roches granitiques. Altitude : 1.418 mètres. Longitude :

45° 18′ 18″ Est de Paris. Latitude : 19° 9′ 40″ Sud. Baromètre : 650 mm. 3. Thermomètre : 23°.

Par 10 hauteurs du soleil, on a fixé le méridien géographique.

Déclinaison. — De 16 h. 30 à 16 h. 45. Méridien magnétique : 113° 30′ 18″. Méridien géographique : 124° 29′ 48″. Déclinaison : 10° 59′ 30″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 46 à 17 h. 18. Déviation moyenne : 16° 9′ 45″. Durée d'une oscillation : 3s6283. Température : 22°,2 à 16 h. 46; 21°,8 à 17 h. 18. Composante horizontale : 0,22429.

Inclinaison. — De 12 h. 45 à 13 h. 30. Première aimantation : 54° 37′ 7″. Pôles renversés : 55° 21′ 12″. Inclinaison moyenne : 54° 59′ 9″.

Masomboay (25 septembre 1903).

Station. — On s'est établi à 30 mètres Nord de l'église catholique. Ce village est situé à 3 kilomètres Nord-Nord-Ouest d'Ambohibololona. Argile rouge. Aux environs pierres calcaires. Altitude : 1.346 mètres. Longitude : 45° 15′ 12″ Est de Paris. Latitude : 19° 1′ 30″ Sud. Baromètre : 656 mm. 4. Thermomètre : 19°,7.

Dix hauteurs du soleil ont fourni la trace du méridien terrestre.

Déclinaison. — De 15 h. 10 à 15 h. 25. Méridien magnétique : 90° 2′ 33″. Méridien géographique : 100° 25′ 29″. Déclinaison : 10° 22′ 56″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 26 à 15 h. 59. Déviation moyenne : 15° 52′. Durée d'une oscillation : 3s6166. Température : 18° à 15 h. 26; 17°,6 à 15 h. 59. Composante horizontale : 0,22705.

Inclinaison. — De 12 h. 45 à 13 h. 25. Première aimantation : 54° 31′ 47″. Pôles renversés : 53° 57′ 27″. Inclinaison moyenne : 54° 14′ 37″.

Antsahamaina (27 septembre 1903).

Station. — Les observations ont été faites à 50 mètres Nord-Est de l'église catholique. Argile rouge. Altitude : 1.323 mètres. Longitude : 45° 10′ 53″ Est de Paris. Latitude : 19° 2′ 30″ Sud. Baromètre : 658 millimètres. Thermomètre : 18°,2.

Par huit distances du soleil, l'azimut a été fixé.

Déclinaison. — De 17 h. 5 à 17 h. 16. Méridien magnétique : 84° 33′ 30″. Méridien géographique : 94° 56′ 31″. Déclinaison : 10° 23′ 1″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 17 h. 17 à 17 h. 44. Déviation moyenne : 15° 58′ 15″. Durée d'une oscillation : 3s6250. Température : 18° à 17 h. 17; 17°,5 à 17 h. 44. Composante horizontale : 0,22580.

(28 septembre 1903).

Inclinaison. — De 11 h. 10 à 11 h. 45. Première aimantation : 53° 58′ 17″. Pôles renversés : 54° 53′ 32″. Inclinaison moyenne : 54° 25′ 54″.

AMBOASARY.

Station. — Instrument établi au Nord-Ouest du village près d'un parc à bœufs. Argile rouge. A 500 mètres Ouest, massif granitique et gneiss d'Iharanandriana. Altitude : 1.402 mètres. Longitude : 45° 8′ 48″ Est de Paris. Latitude : 19° 9′ 40″. Baromètre : 653 mm. 3. Thermomètre : 20°,2.

La trace du méridien terrestre a été fixée d'après dix distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 14 h. 45 à 15 heures. Méridien magnétique : 123° 50′. Méridien géographique : 133° 49′ 9″. Déclinaison : 9° 59′ 9″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 4 à 15 h. 41. Déviation moyenne : 16° 4′ 56″. Durée d'une oscillation : 3s6472. Température : 19°,5 à 15 h. 4, 20° à 15 h. 41. Composante horizontale : 0,22367.

Inclinaison. — De 16 h. 20 à 16 h. 55. Première aimantation : 50° 27′ 15″. Pôles renversés : 55° 9′ 32″. Inclinaison moyenne : 52° 48′ 23″.

AMBOHIBARY (1er octobre 1903).

Station. — Nous avons placé l'instrument à 30 mètres Nord de l'église catholique. Argile jaunâtre, marne, kaolin, à l'Est alignements granitiques. Altitude : 1.337 mètres. Longitude : 45° 11′ 13″ Est de Paris. Latitude : 19° 6′ 4″ Sud. Baromètre : 660 mm. 2. Thermomètre : 13°.

On a obtenu l'azimut par huit hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 6 h. 49 à 7 h. 6. Méridien magnétique : 87° 51′ 37″. Méridien géographique : 98° 3′ 55″. Déclinaison : 10° 12′ 18″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 7 h. 9 à 7 h. 44. Déviation moyenne : 15° 49′ 33″. Durée d'une oscillation : 3s5916. Température : 14° à 7 h. 9; 14°,6 à 7 h. 44. Composante horizontale : 0,22713.

Inclinaison. — De 8 h. 45 à 9 h. 35. Première aimantation : 54° 37′ 7″. Pôles renversés : 53° 58′ 27″. Inclinaison moyenne : 54° 17′ 47″.

Ankadisoa (2 octobre 1903).

Station. — Nous avons placé l'instrument à 40 mètres Ouest du village, non loin du grand chemin. Argile rouge. La montagne d'Ambohitraina se trouve à 800 mètres Ouest. Altitude : 1.309 mètres. Longitude : 45° 10′ 12″ Est de Paris. Latitude : 18° 59′ 50″. Baromètre : 660 mm. 6. Thermomètre : 24°.

Dix hauteurs du soleil ont donné l'azimut du lieu.

Déclinaison. — De 14 h. 58 à 15 h. 8. Méridien magnétique : 112° 45′ 48″. Méridien géographique : 121° 54′ 7″. Déclinaison : 9° 8′ 19″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 10 à 15 h. 40. Déviation moyenne 15° 58′ 11″. Durée d'une oscillation : 3s6305. Température : 23°,8 à 15 h. 10; 23°,4 à 15 h. 40. Composante horizontale : 0,22547.

Inclinaison. — De 13 h. 45 à 14 h. 22. Première aimantation : 53° 35′. Pôles renversés : 54° 34′ 31″. Inclinaison moyenne : 54° 4′ 31″.

Imerintsiadino (4 octobre 1903).

Station. — Installé à 50 mètres Ouest de l'église catholique, près du mur d'enceinte. Argile rouge, marne, gneiss. Altitude : 1.296 mètres. Longitude : 45° 15′ 12″ Est de Paris. Latitude : 18° 53′ 50″ Sud. Baromètre : 658 mm. 2. Thermomètre : 29°.

Dix hauteurs du soleil ont fourni la trace du méridien local.

Déclinaison. — De 15 h. 14 à 15 h. 30. Méridien magnétique : 13° 50′

48″. Méridien géographique : 24° 21′ 37″. Déclinaison : 10° 30′ 48″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 38 à 16 h. 4. Déviation moyenne : 15° 45′ 0″. Durée d'une oscillation : 3s6144. Température : 19°,2 à 15 h. 38 ; 18°,7 à 16 h. 4. Composante horizontale : 0,22801.

Inclinaison. — De 17 h. 20 à 17 h. 45. Première aimantation : 54° 14′ 47″. Pôles renversés : 53° 36′ 57″. Inclinaison moyenne : 53° 35′ 52″.

MOKAJY (5 octobre 1903).

Station. — Placé à 30 mètres Ouest du temple protestant près des fossés du village. Au Nord et à l'Est, roches granitiques; fer abondant en cette région. Altitude : 1.404 mètres. Longitude : 45° 21′ 10″ Est de Paris. Latitude : 19° 1′ 10″ Sud. Baromètre : 650 mm. 5. Thermomètre : 19°,5.

L'azimut au lieu a été obtenu par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 16 heures à 16 h. 15. Méridien magnétique : 49° 23′ 7″. Méridien géographique : 58° 59′ 14″. Déclinaison : 9° 24′ 7″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 15 à 16 h. 47. Déviation moyenne : 15° 57′ 7″. Durée d'une oscillation : 3s6177. Température : 18°,5 à 16 h. 15; 18° à 16 h. 47. Composante horizontale : 0,22639.

Inclinaison. — De 11 h. 8 à 11 h. 50. Première aimantation : 54° 43′ 5″. Pôles renversés : 53° 44′ 50″. Inclinaison moyenne : 54° 13′ 37″.

AMBOHIJANAKA (6 octobre 1903).

Station. — Installé à 30 mètres Nord de l'église catholique, près du chemin. Argile rouge. Station à 3 kilomètres Nord-Ouest du massif d'Andrarankasina. Altitude : 1.406 mètres. Longitude : 45° 22′ 7″ Est de Paris. Latitude : 19° 2′ 50″ Sud. Baromètre : 652 mm. 5. Thermomètre : 17°,6.

Dix hauteurs du soleil ont fourni la trace du méridien terrestre.

Déclinaison. — De 8 h. 23 à 8 h. 40. Méridien magnétique : 25° 34′ 30″. Méridien géographique : 35° 2′ 30″. Déclinaison : 9° 28′ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 8 h. 41 à 9 h. 23. Déviation moyenne : 16° 8′ 30″. Durée d'une oscillation : 3s6105. Température : 18°,3 à 8 h. 41; 18°,8 à 9 h. 23. Composante horizontale : 0,22554.

Inclinaison. — De 15 h. 20 à 16 heures. Première aimantation : 53° 54′ 5″. Pôles renversés : 54° 18′ 22″. Inclinaison moyenne : 54° 6′ 13″.

Soavina (7 octobre 1903).

Station. — Placé à 30 mètres Sud du village, près le parc à bœufs. Argile rouge. A 1 kilomètre Sud, roches granitiques énormes de la montagne Ambatotelomirahavavy. Altitude : 1.509 mètres. Longitude : 45° 24′ 11″ Est de Paris; Latitude : 19° 0′ 20″ Sud. Baromètre : 642 mm. 6. Thermomètre : 18°,2.

La trace du méridien terrestre a été obtenue par 6 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 15 h. 30 à 15 h. 40. Méridien magnétique : 9° 3′ 15″. Méridien géographique : 18° 48′ 24″. Déclinaison : 9° 45′ 9″.

Composante horizontale. — De 16 h. 15 à 16 h. 37. Déviation moyenne : 15° 31′ 22″. Durée d'une oscillation : 3s5800. Température : 17°,5 à 16 h. 5, 17° à 16 h. 37. Composante horizontale : 0,23183.

Inclinaison. — De 16 h. 40 à 17 h. 15. Première aimantation : 54° 19′ 20″. Pôles renversés : 53° 24′ 8″. Inclinaison moyenne : 54° 0′ 44″.

Antanamalaza (8 octobre 1903).

Station. — Nous nous sommes établis dans le jardin de la mission catholique, à 25 mètres Est de l'église. Argile jaune; roches granitiques à 12 mètres Sud. Altitude : 1.476 mètres. Longitude : 45° 18′ 43″ Est de Paris. Latitude : 18° 59′ 5″ Sud. Baromètre : 645 mm. 3. Thermomètre : 23°,2.

Le méridien géographique résulte de 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 15 h. 17 à 15 h. 30. Méridien magnétique : 138° 35′ 3″. Méridien géographique : 148° 53′ 34″. Déclinaison : 10° 18′ 31″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 31 à 15 h. 58. Déviation moyenne :

16° 0′ 37″. Durée d'une oscillation : 3ˢ6377. Température : 23°,5 à 15 h. 31. 23° à 15 h. 58. Composante horizontale : 0,22474.

Inclinaison. — De 13 h. 50 à 14 h. 30. Première aimantation : 53° 49′ 22″. Pôles renversés : 54° 48′ 42″. Inclinaison moyenne : 54° 19′ 2″.

Ambatomanga (12 octobre 1903).

Station. — Nous avons installé l'instrument à 40 mètres Nord de l'église catholique, près du mur de terre qui forme l'enceinte. A 200 mètres Nord immense roche granitique. Argile jaunâtre. Altitude : 1.441 mètres. Longitude : 45° 22′ 44″ Est de Paris. Latitude : 18° 58′ 15″ Sud. Baromètre : 648 mm. 7. Thermomètre : 20°.

Le méridien local a été déterminé par 8 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 15 h. 45 à 15 h. 55. Méridien magnétique : 109° 44′ 33″. Méridien géographique : 121° 1′ 55″. Déclinaison: 11° 17′ 22″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 56 à 16 h. 47. Déviation moyenne : 15° 53′ 3″. Durée d'une oscillation : 3ˢ6122. Température : 19° à 15 h. 56; 18°,4 à 16 h. 47. Composante horizontale : 0,22720.

Inclinaison. — De 9 h. 35 à 10 h. 15. Première aimantation : 54° 35′ 33″. Pôles renversés : 53° 30′ 2″. Inclinaison moyenne : 54° 2′ 47″.

Ambohitromby (Mont) (13 octobre 1903).

Station. — Après avoir fait un tour d'horizon géodésique sur ce sommet, nous avons relevé la déclinaison et la composante horizontale. Placé près d'une grosse pierre. Ancienne forêt; humus mêlé d'argile jaune. Altitude : 1.643 mètres. Longitude : 45° 23′ 17″ Est de Paris. Latitude : 18° 57′ Sud. Baromètre : 634 mm. 2. Thermomètre : 23°.

Dix hauteurs du soleil ont fixé l'azimut du lieu.

Déclinaison. — De 13 h. 45 à 14 h. 5. Méridien magnétique : 18° 29′ 56″. Méridien géographique : 29° 6′ 38″. Déclinaison : 10° 36′ 42″.

Composante horizontale. — De 14 h. 11 à 15 h. 41. Déviation moyenne : 16° 31′ 41″. Durée d'une oscillation : 3ˢ6722. Température : 24° à 14 h. 11; 24°,4 à 14 h. 41. Composante horizontale : 0,21921.

AMTSAHAMARINA (14 octobre 1903).

Station. — Installé l'instrument sur le dernier tombeau Nord-Ouest du village, à 100 mètres de distance des premières maisons. Argile jaunâtre. Altitude : 1.444 mètres. Longitude : 45° 20′ 13″ Est de Paris. Latitude : 18° 57′ Sud. Baromètre : 648 mm. 2. Thermomètre : 20°.

On a obtenu le méridien terrestre par 10 distances zénitales du soleil.

Déclinaison. — De 15 h. 25 à 15 h. 40. Méridien magnétique : 64° 17′ 15″. Méridien géographique : 73° 47′ 24″. Déclinaison : 9° 30′ 9″.

Composante horizontale. — De 14 h. 33 à 15 h. 3. Déviation moyenne : 15° 58′ 26″. Durée d'une oscillation : 3s6205. Température : 21° à 14 h. 33; 21°,6 à 15 h. 3. Composante horizontale : 0,22606.

Inclinaison. — De 15 h. 45 à 16 h. 20. Première aimantation : 55° 8′ 5″. Pôles renversés : 54° 12′ 5″. Inclinaison moyenne : 54° 40′ 5″.

IMERIKASININA (16 octobre 1903).

Station. — Instrument placé à 50 mètres Sud-Est de l'église catholique. Humus, roches granitiques dans le sous-sol, émergeant au Sud du village. Altitude : 1.503 mètres. Longitude : 45° 16′ 48″ Est de Paris. Latitude : 18° 55′ 20″ Sud. Baromètre : 645 mm. 2. Thermomètre : 22°,8.

On a obtenu le méridien géographique par 10 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 14 h. 8 à 14 h. 20. Méridien magnétique : 355° 51′ 37″. Méridien géographique : 366° 25′ 37″. Déclinaison : 10° 34′ 0″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 13 h. 38 à 14 h. 7. Déviation moyenne : 15° 48′ 18″. Durée d'une oscillation : 3s6044. Température : 22°,5 à 13 h. 38; 23° à 14 h. 7. Composante horizontale : 0,22825.

Inclinaison. — De 12 h. 50 à 13 h. 25. Première aimantation : 54° 3′ 42″. Pôles renversés : 53° 50′ 37″. Inclinaison moyenne : 54″ 12′ 19″.

Ambohimalaza (18 octobre 1903).

Station. — Dans l'enclos de mission catholique; à 30 mètres Ouest de l'église. Argile jaunâtre à 50 mètres Sud, grosses pierres granitiques. Altitude : 1.374 mètres. Longitude : 45° 16′ 48″ Est de Paris. Latitude : 18° 53′ 20″. Baromètre : 652 millimètres. Thermomètre : 20°.

Azimut obtenu par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 16 h. 34 à 16 h. 45. Méridien magnétique : 32° 6′ 7″. Méridien géographique : 40° 25′ 33″. Déclinaison : 8° 19′ 26″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 45 à 17 h. 18. Déviation moyenne : 15° 54′ 0″. Durée d'une oscillation : 3s6444. Température : 18°,8 à 16 h. 45; 18°,3 à 17 h. 18. Composante horizontale : 0,22509.

Inclinaison. — De 17 h. 20 à 17 h. 50. Première aimantation : 53° 44′ 50″. Pôles renversés : 54° 39′ 17″. Inclinaison moyenne : 54° 12′ 3″.

Ambohimipangitra (21 octobre 1903).

Station. — Placé à 20 mètres Nord-Ouest de l'église catholique, près du fossé du village. Argile jaunâtre; fer oxydulé. Altitude : 1.383 mètres. Longitude : 45° 19′ 47″ Est de Paris. Latitude : 18° 55′ 25″ Sud. Baromètre : 654 mm. 2. Thermomètre : 20°,3.

La trace du méridien terrestre a été fixée par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 8 h. 10 à 8 h. 25. Méridien magnétique : 65° 34′ 22″. Méridien géographique : 76° 39′ 36″. Déclinaison 11° 5′ 14″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 8 h. 25 à 9 h. 6. Déviation moyenne : 16° 12′ 22″. Durée d'une oscillation : 3s6594. Température : 21° à 8 h. 25; 21°,7 à 9 h. 6. Composante horizontale : 0,22209.

Inclinaison. — De 9 h. 40 à 10 h. 5. Première aimantation : 54° 50′ 37″. Pôles renversés : 55° 36′ 32″. Inclinaison moyenne : 55° 13′ 34″.

Alarobia (22 octobre 1903).

Station. — Dans l'enclos du gîte d'étapes; placé à 50 mètres Nord-Est de la maison. Argile couleur ocre jaune; la station est entourée de montagnes avec blocs de granite, sable quartzeux. Altitude : 1.437 mètres.

Longitude : 45° 19′ 11″ Est de Paris. Latitude : 18° 52′ 45″ Sud. Baromètre : 650 mm. 2. Thermomètre : 19°,3.

Dix distances zénithales du soleil ont fourni l'azimut.

Déclinaison. — De 7 h. 40 à 7 h. 50. Méridien magnétique : 283° 44′ 33″. Méridien géographique : 293° 41′ 47″. Déclinaison : 9° 56′ 44″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 8 h. 12 à 8 h. 41. Déviation moyenne : 15° 8′ 3″. Durée d'une oscillation : 3s5393. Température : 20°,5 à 8 h. 12; 21°,1 à 8 h. 41. Composante horizontale : 0,23742.

Inclinaison. — De 8 h. 45 à 9 h. 30. Première aimantation : 52° 29′ 10″. Pôles renversés : 53° 57′ 40″. Inclinaison moyenne : 53° 13′ 25″.

Ambohitromby (village) (25 octobre 1903).

Station. — Installé un peu au dehors du village, à 25 mètres Est de l'église catholique. Argile rouge mêlée d'humus. Altitude : 1.430 mètres. Longitude : 45° 15′ 6″ Est de Paris. Latitude : 18° 53′ Sud. Baromètre : 651 mm. 6. Thermomètre : 15°,4.

On a fixé l'azimut par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 18 h. 5 à 18 h. 20. Méridien magnétique : 177° 43′ 37″. Méridien géographique : 188° 33′ 47″. Déclinaison : 10° 50′ 10″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 22 à 16 h. 51. Déviation moyenne : 15° 41′ 33″. Durée d'une oscillation : 3s5905. Température : 15° à 16 h. 22; 14°,5 à 16 h. 51. Composante horizontale : 0,22993.

Inclinaison. — De 17 heures à 17 h. 40. Première aimantation : 54° 18′ 17″. Pôles renversés : 53° 3′ 47″. Inclinaison moyenne : 53° 41′ 2″.

Maharidaza (26 octobre 1903).

Station. — Nous avons choisi l'emplacement au Sud-Est du village, près d'un tombeau et en dehors des fossés; à 30 mètres Est de l'ancien sentier. Argile jaunâtre. Altitude : 1.475 mètres. Longitude : 45° 20′ 56″ Est de Paris. Latitude : 18° 53′ 25″ Sud. Baromètre : 650 millimètres. Température : 21°,8.

Par 10 hauteurs du soleil, on a obtenu le méridien géographique.

Déclinaison. — De 9 h. 30 à 9 h. 45. Méridien magnétique : 19° 7′ 45″. Méridien géographique : 29° 1′ 38″. Déclinaison : 9° 53′ 53″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 10 h. 19 à 10 h. 49. Déviation moyenne : 15° 39′ 45″. Durée d'une oscillation : 3s6155. Température : 20°,4 à 10 h. 19; 20°,9 à 10 h. 49. Composante horizontale : 0,22855.

Inclinaison. — De 16 h. 10 à 16 h. 40. Première aimantation : 54° 35′ 57″. Pôles renversés : 54° 33′ 10″. Inclinaison moyenne : 54° 4′ 33″.

MANJAKANDRIANA (28 octobre 1903).

Station. — Nous avons installé l'instrument au milieu du jardin de l'école officielle. Argile rouge. Altitude : 1.424 mètres. Longitude : 45° 27′ 11″ Est de Paris. Latitude : 18° 54′ 38″ Sud. Baromètre : 651 mm. 0. Thermomètre : 16°,2.

Les nuages n'ont permis de prendre que 4 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 16 h. 40 à 16 h. 55. Méridien magnétique : 95° 15′ 34″. Méridien géographique : 104° 1′ 47″. Déclinaison : 8° 46′ 13″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 13 h. 26 à 13 h. 55. Déviation moyenne : 15° 57′ 33″. Durée d'une oscillation : 3s6222. Température : 19°,3 à 13 h. 26; 20° à 13 h. 55. Composante horizontale : 0,22605.

Inclinaison. — De 7 heures à 8 h. 30. Observations deux fois interrompues par la pluie. Première aimantation : 54° 8′ 30″. Pôles renversés : 54° 9′ 12″. Inclinaison moyenne : 54° 8′ 51″.

DISCUSSION DES RÉSULTATS DE 1903. — En 1903, chargé par le général Gallieni d'exécuter une triangulation très serrée des environs de Tananarive sur un rayon de 30 kilomètres, en vue d'une carte au 50.000e, je profitais de cette occasion pour relever les éléments magnétiques dans toute cette contrée et pour les relier à nos travaux antérieurs. Le nouveau réseau aurait plusieurs points communs avec celui de 1901 ; Andramasina s'unirait avec Mandrosoa ; Ambatolampy avec Amboasary ; Miantsoarivo, Fehibé et Tsirangaina seraient vérifiés par de nouvelles observations ; toute la région Nord de l'Ankaratra serait encadrée de stations

jusque près d'Arivonimamo; en remontant vers le Nord-Ouest, Antanetibé rejoindrait Ampanotokana déterminé en 1897; à l'Est, Manjakandriana se souderait avec Ankeramadinika relevé en 1892.

Ce programme fut mis à exécution pendant les mois d'octobre 1903, 1904 et 1905.

La situation topographique des stations qui avoisinent les grandes routes du Sud et de l'Est à partir de Tananarive est connue des lecteurs; nous la passons donc sous silence. Le secteur Sud-Est et Est-Sud-Est, très peu fréquenté, aride et montagneux, demande une description spéciale. Nous discuterons ensuite les résultats obtenus au Sud, au Sud-Est, enfin à l'Est de Tananarive.

Sur la route du Sud s'échelonnent à peu près tous les 6 kilomètres quatre stations magnétiques : Ankadisoa, Antsahamaina, Ambohibary, Amboasary.

Ankadisoa se trouve à 800 mètres Est, au bas de la montagne d'Ambohitraina. La déclinaison 9° 8′ 17″, trop faible, indique une influence causée par le massif voisin. La composante horizontale 0,22547 et l'inclinaison 54° 4′ 51″ sont régulières.

En se dirigeant vers le Sud, Antsahamaina a une déclinaison normale, 10° 23′ 1″, sensiblement égale à la station voisine orientale de Masomboay. La composante horizontale 0,22580 se rapproche de celle d'Ankadisoa. L'inclinaison un peu élevée aurait quelques rapports avec celle de Miadamanjaka. Ambohibary relève une déclinaison moindre de 11′ que la précédente : 10° 12′ 18″. La composante 0,22713 est régulière. L'inclinaison 54° 17′ 47″ égale approximativement celle d'Ambohibololona.

Amboasary, adossé à la montagne granitique d'Hiaranandriana, subit l'influence de ce massif. La déclinaison 9° 59′ 9″ et l'inclinaison 52° 48′ 23″, la composante horizontale 0,22367 présentent une valeur faible.

Décrivons la topographie du massif qui limite l'horizon Sud-Est de Tananarive. Des sommets granitiques très élevés forment tout alentour comme un mur d'enceinte, abrupt sur le versant extérieur; à l'intérieur, au contraire, les ramifications qui s'en détachent descendent graduelle-

ment en pente douce vers le Nord jusqu'à la plaine de l'Ikopa. L'ensemble de ce système orographique a la forme d'un fer à cheval, toutefois à branches inégales; celle de l'Est est moitié plus courte que celle de l'Ouest. Au Sud-Est se dressent les sommets de Marivolanitra, 1.612 mètres, Andrarankasina 1.698 mètres, Fihaonana 1.780 mètres, Hiaranandriana 1.760 mètres, Faitranambo 1.761 mètres, Ambohimandray 1.729 mètres, extrémité Sud de la concavité; en remontant vers le Nord-Ouest, Mahalaila 1.597 mètres, Lohalambo 1.592 mètres, Masiapapango 1.528 mètres, Ambohitrandriamanitra 1.502 mètres, Ambatonosy 1.375 mètres.

Faitranambo présente un nœud orographique important duquel part une première et principale chaîne parallèle à la grande ceinture dont elle est éloignée de 3 kilomètres; le sommet le plus haut, Ambatonaola 1.864 mètres, se trouve sur cette ramification; la chaîne descend vers le Nord-Est à Ambatomalaza 1.640 mètres, Fanaremana 1.647 mètres et se termine à l'Ikopa, non loin de la station magnétique de Mokajy. Un deuxième chaînon plus court se détache encore de Faitranambo, remonte vers le Nord; Ampefivato, son point culminant, a 1.689 mètres d'altitude. Un troisième chaînon part d'Ambohimandray, se dirige vers le Nord-Ouest, passe à Ambohidrazaka 1.600 mètres, Inaposa 1.578 mètres et descend vers la rivière, à l'Est de la station magnétique de Masomboay. Cette troisième crête se bifurque au sommet de Mananara 1.561 mètres, se dirige vers Ambohidraso 1.505 mètres, non loin de la station magnétique d'Ambohibololona et débouche au mur d'enceinte à Mahalaila.

La rivière coule au bas de Marivolanitra; elle prend d'abord la direction Est-Ouest, décrit un coude brusque à Masomboay, s'engage du Sud au Nord entre Masiapapango et Ambohitrandriamanitra à l'Ouest, entre Ambohidralambo, Ambohidraza, Tsiakarina à l'Est. La station magnétique de Miadamanjaka occupe la partie inférieure occidentale d'Ambohidrazaka. Celle d'Imeritsiadino termine dans la plaine la dernière assise inférieure de Tsiakarina, 1.353 mètres.

Toutes ces montagnes, la grande ceinture exceptée, sont constituées par de l'argile rouge intercalée par des bancs de cipolins.

A cause de l'infiltration des eaux pluviales qui dissolvent la chaux par leur oxygène et leur acide carbonique, d'immenses effondrements et ravins se produisent sur leurs flancs. A l'époque des orages, ce terrain peu consistant glisse dans les vallées. Ces sommets en pleine voie d'érosion donnent au paysage un aspect tourmenté, désolé et sauvage. Seule la partie Nord, voisine de la rivière, possède quelques rares villages, partout ailleurs, le pays est stérile, désert, d'accès difficile, même aux piétons.

La région Est du massif, appelée Amoronkay, située aux pieds des premiers grands sommets, comprend les villages d'Ambohijanaka, Mokajy et Soavina. Le fer descendu sans doute des montagnes de l'Andraranka-sina abonde dans cette contrée et est exploité par les indigènes.

Ces trois stations magnétiques auront l'avantage de faire connaître l'influence exercée sur les aimants par le minerai contenu dans le sol. La région intérieure occidentale du massif paraît régulière au point de vue géologique.

Cette description topographique sommairement établie, abordons l'analyse des résultats magnétiques; pour plus de facilité nous procéderons du Sud vers le Nord. Au village de Mandroso, éloigné de 2 km. 400 Sud de Faitranambo, la déclinaison 10° 59′ 30″ Nord-Ouest dénote par sa valeur anormale l'influence qu'exerce la montagne voisine sur le barreau aimanté. La composante horizontale 0,22429 et l'inclinaison 54° 59′ 9″ semblent normales.

Encadrées dans l'intérieur du massif les deux stations de Mokajy et d'Ambohijanaka se suivent à 4 kilomètres de distance dans la direction Nord-Sud. La déclinaison est presque identique en ces deux endroits : 9° 24′ 7″ à Mokajy, 9° 28′ à Ambohijanaka. L'inclinaison égale 54° 13′ 57″ dans le premier endroit, 54° 6′ 13″ dans le second, valeurs différant seulement de 7′. La composante horizontale de Mokajy 0,22639 a un résultat moindre que celui d'Ambohijanaka, 0,22554; d'autre part la déclinaison de Soavina 9° 45′ 9″ surpasse les précédentes de 15′ environ; l'inclinaison 54° 0′ 44″ égale à 10′ près celle des deux autres; la composante horizontale 0,23183 est plus faible. Ces résultats obtenus dans trois gisements de fer à grains compacts démontrent que le cou-

rant magnétique terrestre subit une légère modification en ce qui concerne la seule déclinaison, les deux autres éléments n'éprouvent pas d'irrégularité notable.

Les deux stations de Masomboay et d'Ambohibololona situées parallèlement aux précédentes dans la direction Ouest, et dans un terrain de constitution ordinaire, donnent les deux déclinaisons suivantes : 10° 22′ 56″ dans le premier lieu, et 10° 34′ 54″ dans le second, différence 12′. L'inclinaison a une valeur identique, 54° 14′, fait rare.

La composante horizontale présente des résultats assez divergents, 0,22705 à Masomboay, 0,22487 à Ambohibololona.

Deux autres stations magnétiques se trouvent sur la rive droite de la rivière, Miadamanjaka et Antanamalaza. La première en contre-bas Ouest des montagnes Ambohidrazaka et Tsiakarina, la seconde sur un sommet granitique. Au premier endroit, la déclinaison égale 9° 58′, au second 10° 38′ 31″, presque comme à Masomboay. L'inclinaison diminue de l'Ouest à l'Est : 54° 30′ 2″ à Miadamanjaka, 54° 19′ 2″ à Antanamalaza. La composante présente les mêmes irrégularités qu'à Masomboay et Ambohibololona, 0,22822 dans le premier point, 0,22474 dans le second.

Imerintsiadino, situé presque au niveau de la vallée de l'Ikopa, présente une déclinaison 10° 30′ 49″ qui a quelques analogies avec celle de Masomboay et d'Ambohibololona. L'inclinaison donne un faible résultat, 53° 55′ 52″. La composante horizontale 0,22801 égale celle de Miadamanjaka. Les observations magnétiques suivantes ont été faites dans la région accidentée située à l'Est de Tananarive. Quatre affluents de la rive droite de l'Ikopa baignent ces parages, ce sont : l'Andriana qui se jette dans le lac d'Ambohipo, l'Ivovokopa, l'Hiadiana et le Mady. Analysons les résultats magnétiques obtenus dans les villages voisins de chacun de ces affluents. A en juger d'après les roches qui affleurent les versants et celles du ruisseau d'en contre-bas, le village d'Ambohitromby repose sur une assise de gneiss. Le sommet est recouvert d'une forte couche d'humus et d'arbres séculaires. La déclinaison 10° 50′ 10″ suppose une influence locale caractéristique. La composante horizontale

diffère complètement de celle des stations voisines 0,22993. L'inclinaison 53° 41′ 2″ indique un minimum, moindre pourtant que celui d'Alarobia.

Ambohimalaza, éloigné de 3 kilomètres Est-Sud-Est d'Ambohitromby, situé au bas d'un contrefort du massif granitique d'Ambohijahana, et aux sources d'un affluent de l'Ivovokopa, donne une déclinaison minimum de 8° 19′ 27″. La composante horizontale 0,22509 égale sensiblement celle d'Ambohijanaka et d'Imerintsiadino. L'inclinaison 54° 12′ 3″ est régulière.

Le village d'Imerikasinina qui s'élève à la hauteur de 1.503 mètres, domine le ruisseau d'Ambohimalaza. Il repose très probablement sur une coulée de granite, si l'on en juge d'après la roche qui émerge à 30 mètres Sud du village. Sa déclinaison 10° 34′ 0″ égale celle d'Imeritsiadino. La composante horizontale 0,22825 se rapproche de celle de Miadamanjaka. L'inclinaison 54° 12′ 19″ est pareille à celle de Mokajy, d'Ambohimalaza, station voisine, et d'Ambohibololona.

Ambohipangitra, situé en contre-bas du piton granitique de Tendro, 1.668 mètres d'altitude, et sur un affluent de l'Ivovokopa, le fer oxydulé abonde sur le sol et dans le ruisseau voisin; la déclinaison 11° 5′ 14″ est élevée; la composante horizontale 0,22209 faible; l'inclinaison 55° 13′ 34″ donne un résultat maximum.

En remontant vers les sources de l'Ivovokopa, à Maharidaza et à Alarobia, l'on obtient une déclinaison presque égale, 9° 53′ 53″, au premier endroit, 9° 56′ 44″ dans le second. Les valeurs de la composante horizontale sont au contraire très inégales, 0,22855 d'une part, 0,23742 d'autre part. A son tour l'inclinaison diffère complètement, 54° 4′ 33″ à Maharidaza, 53° 13′ 25″ à Alarobia. En présence de telles anomalies il est nécessaire d'étudier cette région avec des détails plus complets et de multiplier les stations dans le voisinage. La discussion des résultats de 1905 contient dès le début une appréciation longuement motivée sur le champ magnétique terrestre en ces parages.

Antsahamarina, adossé au flanc de la montagne granitique d'Ambohitsileo 1.670 mètres et non loin de l'Hiadiana, a une déclinaison très faible, 9° 30′ 9″. La composante horizontale 0,22606 se rapproche de celle

d'Ambatomanga, station voisine. L'inclinaison 54° 40′ 5″ est manifestement trop forte. Ces résultats anormaux démontrent suffisamment l'influence qu'exerce le mont Ambohitsileo sur les principaux éléments magnétiques.

Le village d'Ambatomanga, à l'Est de l'Hiadana, est bâti auprès d'une immense roche granitique isolée dans la plaine. Notre station, quoique distante de 200 mètres Sud-Est a subi les influences de cette masse. La déclinaison 11° 17′ 22″ est très élevée. La composante horizontale 0,22720 a une valeur voisine de celle d'Antsahamarina, comme nous l'avons déjà remarqué. L'inclinaison 54° 2′ 47″ paraît régulière.

Sur le mont Ambohitromby, 3 km. 870 Nord-Est d'Ambatomanga, nous ne relevâmes que la déclinaison et la composante horizontale. Le premier élément 10° 36′ 42″ indique que le barreau aimanté cesse d'être influencé par la roche d'Ambatomanga, puisqu'il reprend une position normale.

Remarquons l'identité du résultat avec ceux d'Imerikasinina, Imeritsiadino et Ambohibololona. En revanche la composante horizontale présente le minimum de valeur observé en 1903. L'angle de déviation du barreau s'élève à 16° 31′ 14″; l'oscillation se produit avec une lenteur peu ordinaire 3^s6722. Serait-ce un effet de la montagne d'Angavokely, 1.820 mètres, distante de 3 km. 600 de la station, ou quelque autre cause inaperçue? Manjakandriana peu éloigné des sources du Mady, a une faible déclinaison 8° 46′ 13″. La composante horizontale 0,22605 est régulière.

L'inclinaison 54° 8′ 51″ se rapproche de celle de Maharidaza. On trouve du fer dans le voisinage.

Résumons les faits caractéristiques observés dans les levés magnétiques de 1903 : 1° la régularité ou l'irrégularité des éléments dépend de l'éloignement ou du voisinage des massifs granitiques; 2° les stations dans lesquelles le minerai de fer abonde ont une faible déclinaison; les deux autres éléments n'en ressentent pas l'influence; l'anomalie est alors partielle; 3° aux endroits où le sol contient beaucoup de fer oxydulé, les trois éléments éprouvent une anomalie totale. Il semblerait dès lors que le fer n'exerce de vraie perturbation qu'autant qu'il se

trouve combiné avec l'oxygène de l'air, près de la surface du sol et en contact avec les courants telluriques.

AMPANY (19 septembre 1904).

Station. — Placé à 60 mètres Nord-Est de l'église catholique. Argile rouge. Altitude : 1.369 mètres. Longitude : 45° 8′ 12″ Est de Paris. Latitude : 19° 6′ 0″ Sud. Baromètre : 658 millimètres. Thermomètre : 10°,2.

On a obtenu la trace du méridien terrestre par 8 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 16 h. 47 à 16 h. 56. Méridien magnétique : 276° 14′ 30″. Méridien géographique : 287° 4′ 10″. Déclinaison : 10° 49′ 40″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 57 à 17 h. 28. Déviation moyenne : 16° 5′ 45″. Durée d'une oscillation : 3s6455. Température : 11°,3 à 16 h. 57, 10°,8 à 17 h. 28. Composante horizontale : 0,22368.

Inclinaison. — De 12 heures à 12 h. 30. Première aimantation : 54° 56′ 25″. Pôles renversés : 54° 1′ 20″. Inclinaison moyenne : 54° 28′ 52″.

MIANTSOARIVO (21 septembre 1904).

Station. — Installé au même endroit que le 25 septembre 1902. Baromètre : 650 mm. 5. 14 distances du soleil ont donné l'azimut.

Déclinaison. — De 14 h. 35 à 14 h. 50. Méridien magnétique : 85° 52′ 30″. Méridien géographique : 95° 52′ 45″. Déclinaison : 10° 0′ 15″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 14 h. 52 à 15 h. 20. Déviation moyenne : 15° 53′ 15″. Durée d'une oscillation : 3s6311. Température : 15°,5 à 14 h. 52, 14°,8 à 15 h. 20. Composante horizontale : 0,22600.

Inclinaison. — De 13 h. 10 à 13 h. 51. Première aimantation : 53° 59′ 7″. Pôles renversés : 55° 2′ 50″. Inclinaison moyenne : 54° 30′ 58″.

AMBOHIJOKY (23 septembre 1904).

Station. — Nous nous sommes placés à 60 mètres Nord-Est de l'église catholique. A 800 mètres Sud-Ouest et à 1 kilomètre Nord-Ouest,

grosses roches granitiques. Argile jaune. Altitude : 1.296 mètres. Longitude : 45° 7′ Est de Paris. Latitude : 19° 4′ Sud. Baromètre : 661 millimètres. Thermomètre : 16°,2.

La trace du méridien terrestre a été obtenue par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 13 h. 30 à 14 h. 45. Méridien magnétique : 20° 39′ 52″. Méridien géographique : 30° 42′ 37″. Déclinaison : 10° 2′ 45″.

Composante horizontale. — De 13 h. 3 à 13 h. 30. Déviation moyenne : 15° 48′ 48″. Durée d'une oscillation : 3s6255. Température : 15°,8 à 13 h. 3, 16°,2 à 13 h. 30. Composante horizontale : 0,22686.

(22 septembre 1904).

Inclinaison. — De 13 heures à 13 h. 25. Première aimantation : 54° 10′ 47″. Pôles renversés : 52° 56′ 13″. Inclinaison moyenne : 53° 33′ 30″.

Androhibé (25 septembre 1904).

Station. — Nous avons opéré dans l'enceinte de la mission catholique à 60 mètres Sud-Est de l'église. Argile rouge; au Sud, roches gneissiques; à l'Ouest roche granitique. Altitude : 1.275 mètres. Longitude : 45° 6′ 30″ Est de Paris. Latitude : 18° 59′ 50″ Sud. Baromètre : 658 mm. 6. Thermomètre : 18°.

Dix hauteurs du soleil ont fourni le méridien local.

Déclinaison. — De 15 h. 20 à 15 h. 35. Méridien magnétique : 157° 10′ 48″. Méridien géographique : 166° 34′ 23″. Déclinaison : 9° 23′ 35″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 15 à 16 h. 43. Déviation moyenne : 15° 34′ 30″. Durée d'une oscillation : 3s6000. Température : 17° à 16 h. 15, 16°,4 à 16 h. 43. Composante horizontale : 0,23027.

Inclinaison. — De 17 heures à 17 h. 20. Première aimantation : 54° 48′ 20″. Pôles renversés : 53° 4′ 55″. Inclinaison moyenne : 53° 56′ 37″.

Ambohimiandra (28 septembre 1904).

Station. — Nous nous sommes placés à 40 mètres Sud-Est de l'église catholique. Argile couleur ocre; aux environs, pierres volcaniques. Alti-

tude : 1.416 mètres. Longitude : 45° 0′ 30″ Est de Paris. Latitude : 19° 9′ 10″ Sud. Baromètre : 651 mm. 2. Thermomètre : 25°.

On a obtenu l'azimut par 10 pointés du soleil.

Déclinaison. — De 15 h. 59 à 16 h. 13. Méridien magnétique : 313° 35′ 15″. Méridien géographique : 324° 1′ 15″. Déclinaison : 10° 26′ 0″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 13 à 16 h. 41. Déviation moyenne : 16° 0′ 15″. Durée d'une oscillation : 3s6666. Température : 22° à 16 h. 13, 21°,4 à 16 h. 41. Composante horizontale : 0,22301.

Inclinaison. — De 15 heures à 15 h. 35. Première aimantation : 55° 1′ 10″. Pôles renversés : 53° 53′ 45″. Inclinaison moyenne : 54° 27′ 27″.

TSIRANGAINA (26 septembre 1904).

Station. — Même endroit que le 26 septembre 1902. Baromètre : 654 mm. 8. Thermomètre : 19°,2.

Nous avons fixé l'azimut par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 9 h. 3 à 9 h. 15. Méridien magnétique : 203° 58′ 15″. Méridien géographique : 214° 21′ 46″. Déclinaison : 10° 22′ 31″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 9 h. 17 à 9 h. 48. Déviation moyenne : 15° 52′ 45″. Durée d'une oscillation : 3s6433. Température : 20° à 9 h. 17; 20°,7 à 9 h. 48. Composante horizontale : 0,22530.

(27 septembre 1904).

Inclinaison. — De 11 h. 30 à 12 h. 5. Première aimantation : 54° 26′ 12″. Pôles renversés : 54° 53′ 45″. Inclinaison moyenne : 54° 9′ 58″.

ANTSAHADINTA (29 septembre 1904).

Station. — Instrument placé à 30 mètres Sud-Ouest de l'église catholique près du fossé du village. Ancien emplacement de forêt. Terre couleur blanche et jaune, humus. Altitude : 1.443 mètres. Longitude : 45° 6′ 0″ Est de Paris. Latitude : 19° 0′ 40″ Sud. Baromètre : 650 millimètres. Thermomètre : 18°. Le village d'Antsahadinta est distant d'en-

viron 2 kilomètres Sud-Sud-Ouest d'Androhibe, station du 25 septembre, et situé sur un massif.

La trace du méridien local a été fixée par 10 pointés du soleil.

Déclinaison. — De 15 h. 38 à 15 h. 50. Méridien magnétique : 334° 31′ 0″. Méridien géographique : 344° 21′ 11″. Déclinaison : 9° 50′ 11″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 52 à 16 h. 21. Déviation moyenne : 16° 2′ 45″. Durée d'une oscillation : 3s6522. Température : 17°,5 à 15 h. 52, 16°,9 à 16 h. 21. Composante horizontale : 0,22361.

Inclinaison. — De 13 h. 45 à 14 h. 22. Première aimantation : 53° 47′ 17″. Pôles renversés : 54° 49′ 5″. Inclinaison moyenne : 54° 18′ 11″.

ANKADIVORIBÉ (30 septembre 1904).

Station. — Installé à 40 mètres Ouest du clocher de l'église catholique. Argile rouge mêlée de sable contenant du fer oxydulé. Altitude : 1.355 mètres. Longitude : 45° 8′ 30″ Est de Paris. Latitude : 18° 59′ 25″ Sud. Baromètre : 654 mm. 9. Thermomètre : 19°,2.

L'azimut du lieu fut obtenu par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 14 h. 50 à 15 h. 6. Méridien magnétique : 54° 12′ 7″. Méridien géographique : 65° 6′ 22″. Déclinaison : 10° 55′ 15″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 8 à 15 h. 37. Déviation moyenne : 15° 48′ 30″. Durée d'une oscillation : 3s6400. Température : 20° à 15 h. 8; 19°,4 à 15 h. 37. Composante horizontale : 0,22599.

Inclinaison. — De 12 h. 30 à 13 h. 5. Première aimantation : 54° 54′ 12″. Pôles renversés : 53° 40′ 10″. Inclinaison moyenne : 54° 17′ 11″.

AMBOHIDAVA (4 et 6 octobre 1904).

Station. — Installé dans l'enclos de la mission catholique, à 30 mètres Nord-Ouest du clocher de l'église. Argile rouge au Nord et au Nord-Ouest, roches granitiques. Altitude : 1.336 mètres. Longitude : 45° 1′ 48″ Est de Paris. Latitude : 19° 3′ 40″ Sud. Baromètre : 655 mm. 5. Thermomètre : 20°,2.

La trace du méridien terrestre a été observée par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 16 h. 47 à 16 h. 59. Méridien magnétique : 295° 47′ 7″. Méridien géographique : 307° 26′ 52″. Déclinaison : 11° 39′ 45″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 17 heures à 17 h. 25. Déviation moyenne : 15° 58′ 15″. Durée d'une oscillation : 3s6400. Température : 19°,5 à 17 heures, 19° à 17 h. 25. Composante horizontale : 0,22487.

Inclinaison. — De 8 h. 20 à 8 h. 57. Première aimantation : 54° 4′ 0″. Pôles renversés : 54° 49′ 40″. Inclinaison moyenne : 54° 26′ 5″.

Fehibé (5 octobre 1904).

Station. — L'instrument a été placé au même endroit que le 26 septembre 1902. Baromètre : 648 mm. 6. Thermomètre : 19°.

Dix pointés du soleil ont donné l'azimut.

Déclinaison. — De 9 h. 19 à 9 h. 37. Méridien magnétique : 136° 57′ 18″. Méridien géographique : 147° 25′ 30″. Déclinaison : 10° 28′ 12″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 9 h. 38 à 10 h. 11. Déviation moyenne : 15° 59′ 57″. Durée d'une oscillation : 3s6422. Température : 20°,2 à 9 h. 38; 20°,9 à 10 h. 11. Composante horizontale : 0,22454.

Inclinaison. — De 16 h. 4 à 16 h. 38. Première aimantation : 56° 0′ 15″. Pôles renversés : 55° 24′ 5″. Inclinaison moyenne : 55° 42′ 10″.

Soavina (7 octobre 1904).

Station. — Nous nous sommes placés à 20 mètres Sud-Est du clocher de l'église catholique, sur un chemin qui descend vers les rizières. Argile rouge. Altitude : 1.304 mètres. Longitude : 45° 8′ 30″ Est de Paris. Latitude : 18° 57′ 25″ Sud. Baromètre : 656 mm. 8. Thermomètre : 20°.

On a déterminé le méridien géographique par 10 pointés du soleil.

Déclinaison. — De 15 h. 10 à 15 h. 20. Méridien magnétique : 276° 56′ 15″. Méridien géographique : 286° 56′ 48″. Déclinaison : 10° 0′ 33″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 51 à 16 h. 28. Déviation moyenne : 16° 0′ 14″. Durée d'une oscillation : 3s6388. Température : 20°,2 à 15 h. 51 ; 19°,5 à 16 h. 22. Composante horizontale : 0,22472.

Inclinaison. — De 14 h. 14 à 14 h. 55. Première aimantation : 54° 15′ 27″. Pôles renversés : 55° 39′ 10″. Inclinaison moyenne : 54° 57′ 18″.

MERIKANJAKA (9 octobre 1904).

Station. — Nous avons opéré à 30 mètres Sud-Ouest de l'église catholique. Argile rouge. Le massif de l'Ambohiborona se trouve à 500 mètres Nord-Ouest et se prolonge vers le Sud. Altitude : 1.303 mètres. Longitude : 45° 2′ 48″ Est de Paris. Latitude : 18° 57′ 25″ Sud. Baromètre : 655 mm. 6. Thermomètre : 22°,5.

Azimut fixé par 10 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 16 h. 41 à 16 h. 54. Méridien magnétique : 161° 27′ 41″. Méridien géographique : 171° 23′ 47″. Déclinaison : 9° 56′ 6″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 54 à 17 h. 21. Déviation moyenne : 15° 55′ 7″. Durée d'une oscillation : 3s6511. Température : 20° à 16 h. 54 ; 19°,4 à 17 h. 21. Composante horizontale : 0,22455.

Inclinaison (10 octobre 1904). — De 15 h. 45 à 16 h. 15. Première aimantation : 54° 47′ 17″. Pôles renversés : 53° 48′. Inclinaison moyenne : 54° 17′ 38″.

VONTOVORONA (10 octobre 1904).

Station. — Instrument placé au sommet, près du signal géodésique. Ancien volcan, de forme conique; lacs à 300 mètres vers le Sud. Argile rougeâtre. Altitude : 1.457 mètres. Longitude : 45° 2′ 40″ Est de Paris. Latitude : 18° 58′ 30″ Sud. Baromètre : 649 millimètres. Thermomètre : 21°,2.

On a déterminé l'azimut par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 7 h. 40 à 7 h. 55. Méridien magnétique : 188° 48′ 22″. Méridien géographique : 194° 48′ 56″. Déclinaison : 6° 0′ 34″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 7 h. 59 à 8 h. 32. Déviation moyenne :

17° 38′ 41″. Durée d'une oscillation : 3s8205. Température : 20°,1 à 7 h. 59; 20°,7 à 8 h. 33. Composante horizontale : 0,20413.

FIANTSOANA (11 octobre 1904).

Station. — Instrument installé à 20 mètres Nord-Ouest de l'église catholique, près du fossé du village. Argile couleur ocre. A 800 mètres Ouest, extrémité Sud du plateau de Tsimabeomby, pierres volcaniques. Altitude : 1.359 mètres. Longitude : 44° 56′ 50″ Est de Paris. Latitude : 19° 2′ 20″ Sud. Baromètre : 651 mm. 5. Thermomètre : 23°.

On a fixé la trace du Méridien local par 10 pointés du soleil.

Déclinaison. — De 16 heures à 16 h. 13. Méridien magnétique : 112° 36′ 7″. Méridien géographique : 122° 24′ 55″. Déclinaison : 9° 48′ 48″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 7 à 15 h. 37. Déviation moyenne : 15° 50′ 30″. Durée d'une oscillation : 3s6333. Température : 23°,2 à 15 h. 7; 22°,8 à 15 h. 37. Composante horizontale : 0,22618.

Inclinaison. — De 13 h. 50 à 14 h. 25. Première aimantation : 53° 57′ 17″. Pôles renversés : 54° 56′ 37″. Inclinaison moyenne : 54° 26′ 57″.

RANTOANDRO (12 octobre 1904).

Station. — Après avoir exécuté un tour d'horizon géodésique sur ce sommet, à l'Ouest d'une petite muraille en pierres sèches, nous avons déterminé les trois éléments magnétiques. Les pierres d'origine volcanique sont très magnétiques. Altitude : 1.564 mètres. Longitude : 44° 54′ 42″ Est de Paris. Latitude : 19° 3′ 50″ Sud. Baromètre : 638 mm. 3. Thermomètre : 28°,3.

Par 10 hauteurs du soleil, on a fixé l'azimut du lieu.

Déclinaison. — De 13 h. 10 à 13 h. 25. Méridien magnétique : 173° 14′ 15″. Méridien géographique : 78° 54′ 10″. Déclinaison : 94° 20′ 5″ Est.

Composante horizontale. — De 13 h. 25 à 14 h. 10. Déviation moyenne :

36° 27′ 7″. Durée d'une oscillation : 3s4650. Température : 27°,5 à 13 h. 25; 28° à 14 h. 10. Composante horizontale : 0,16076.

Inclinaison. — De 12 h. 35 à 13 h. 10. Première aimantation : 78° 42′ 50″. Pôles renversés : 78° 28′ 35″. Inclinaison moyenne : 78° 35′ 42″.

NOTE. — De toutes les observations magnétiques faites à Madagascar, celles-ci sont les plus anormales. Je n'ai jamais éprouvé tant de difficultés pour arrêter les barreaux et l'aiguille aimantée soumis à des courants magnétiques ou telluriques variables sous l'influence du calorique du sol. Presque pas de vent aux heures des opérations; on ne peut donc pas attribuer cette agitation aux courants aériens. Nous étudierons ces résultats dans la discussion qui suivra la série des opérations de 1904.

AMBOHIMANANDRAY (13 octobre 1904).

Station. — Observé les éléments magnétiques dans l'enclos de la mission catholique, à 10 mètres Nord-Est de l'église, près le fossé du village. Aux environs, quartz, argile jaunâtre. A l'Est et à l'Ouest, bandes granitiques. Altitude : 1.364 mètres. Longitude : 45° 2′ Est de Paris. Latitude : 19° Sud. Baromètre : 653 mm. 3. Thermomètre : 23°,8.

Dix pointés du soleil ont donné la trace du méridien terrestre.

Déclinaison. — De 15 h. 35 à 15 h. 47. Méridien magnétique : 302° 51′ 52″. Méridien géographique : 312° 30′ 16″. Déclinaison : 9° 38′ 24″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 7 à 16 h. 36. Déviation moyenne : 15° 59′ 37″. Durée d'une oscillation : 3s6461. Température : 22°,8 à 16 h. 7; 22°,3 à 16 h. 36. Composante horizontale : 0,22434.

Inclinaison. — De 10 h. 25 à 11 h. Première aimantation : 54° 44′ 52″. Pôles renversés : 53° 35′ 12″. Inclinaison moyenne : 54° 10′ 2″.

FENOARIVO (16 octobre 1904).

Station. — Instrument à 50 mètres Sud de l'église, dans le jardin de la mission catholique, Gabbro. Dans le voisinage argile couleur rose.

Altitude : 1.283 mètres. Longitude : 45° 4′ 40″ Est de Paris. Latitude : 18° 55′ 55″ Sud. Baromètre : 660 mm. Thermomètre : 25°.

Par 10 distances zénithales du soleil, on a fixé l'azimut du lieu.

Déclinaison. — De 14 h. 45 à 15 h. Méridien magnétique : 287° 31′ 59″. Méridien géographique : 298° 36′ 48″. Déclinaison : 11° 4′ 49″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 42 à 17 h. 10. Déviation moyenne : 16° 37′ 11″. Durée d'une oscillation : 3s7144. Température : 24°,2 à 16 h. 42; 23°,7 à 17 h. 10. Composante horizontale : 0,21614.

Inclinaison. — De 17 h. 20 à 17 h. 50. Première aimantation : 55° 37′ 10″. Pôles renversés : 54° 28′ 35″. Inclinaison moyenne : 55° 3′ 7″.

Ambohibato (20 octobre 1904).

Station. — Nous avons placé l'instrument à 30 mètres Sud-Ouest de l'église catholique. Argile rouge. Altitude : 1.337 mètres. Longitude : 45° 1′ 18″ Est de Paris. Latitude : 18° 58′ 40″ Sud. Baromètre : 654 millimètres. Thermomètre : 25°.

On a obtenu le méridien terrestre par 10 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 9 h. 45 à 10 h. Méridien magnétique : 272° 21′ 26″. Méridien géographique : 282° 30′ 5″. Déclinaison : 10° 8′ 39″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 10 heures à 10 h. 26. Déviation moyenne : 15° 48′ 26″. Durée d'une oscillation : 3s6144. Température : 25°,8 à 10 heures; 26°,4 à 10 h. 26. Composante horizontale : 0,22760.

Inclinaison (17 octobre 1904). — De 10 h. 20 à 10 h. 55. Première aimantation : 54° 54′ 5″. Pôles renversés : 53° 26′ 37″. Inclinaison moyenne : 54° 10′ 21″.

Ambohimangakely (17 octobre 1904).

Station. — Instrument placé à 30 mètres Ouest de l'église catholique. Argile rouge, mêlée de fer oxydulé; aux environs, quartz. Altitude : 1.338 mètres. Longitude : 44° 58′ 45″ Est de Paris. Latitude : 18° 57′ 30″ Sud. Baromètre : 652 mm. 2. Thermomètre : 25°.

Dix pointés du soleil ont donné le méridien géographique.

Déclinaison. — De 16 h. 9 à 16 h. 20. Méridien magnétique : 177° 39′ 7″. Méridien géographique : 187° 52′ 11″. Déclinaison : 10° 13′ 4″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 22 à 16 h. 50. Déviation moyenne : 15° 53′ 11″. Durée d'une oscillation : 3s6533. Température : 24°,7 à 16 h. 22; 24°,1 à 16 h. 50. Composante horizontale : 0,22463.

Inclinaison (18 octobre 1904). — De 8 h. 45 à 9 h. 15. Première aimantation : 54° 13′ 20″. Pôles renversés : 55° 28′ 55″. Inclinaison moyenne : 54° 57′ 7″.

Ambohitrantenaina (18 octobre 1904).

Station. — Nous avons déterminé les trois éléments à 30 mètres Ouest de l'église catholique, sur une terrasse. Argile rouge. Altitude : 1.366 mètres. Longitude : 44° 56′ 6″ Est de Paris. Latitude : 19° 0′ 40″. Baromètre : 649 mm. 6. Thermomètre : 24°. Les nuages ont couvert le soleil dès la sixième observation pour fixer l'azimut local.

Déclinaison. — De 16 h. 53 à 17 h. 5. Méridien magnétique : 136° 20′ 7″. Méridien géographique : 146° 25′ 5″. Déclinaison : 10° 4′ 58″ Nord-Ouest.

Composante horizontale (19 octobre 1904). — De 10 h. 18 à 10 h. 47. Déviation moyenne : 15° 44′ 52″. Durée d'une oscillation : 3s6344. Température : 19°,8 à 10 h. 18; 20°,7 à 10 h. 47. Composante horizontale : 0,22677.

Inclinaison (18 octobre 1904). — De 13 h. 10 à 13 h. 43. Première aimantation : 53° 38′ 5″. Pôles renversés : 54° 36′ 55″. Inclinaison moyenne : 54° 7′ 30″.

Manjaka (19 octobre 1904).

Station. — Instrument placé à 40 mètres Nord-Ouest de l'église catholique. Argile rouge. Altitude : 1.323 mètres. Longitude : 44° 57′ 5″ Est de Paris. Latitude : 18° 58′ 50″ Sud. Baromètre : 653 mm. 2. Thermomètre : 22°.

La trace du méridien terrestre a été fixée par 10 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 14 h. 50 à 15 h. 5. Méridien magnétique : 86° 58′ 59″. Méridien géographique : 96° 48′ 41″. Déclinaison : 9° 49′ 42″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 7 à 16 h. 7. Déviation moyenne : 16° 54′ 56″. Durée d'une oscillation : 3s6444. Température : 20° à 15 h. 7; 19°,4 à 16 h. 7. Composante horizontale : 0,22497.

Inclinaison. — De 16 h. 15 à 16 h. 45. Première aimantation : 53° 22′ 30″. Pôles renversés. 54° 48′ 55″. Inclinaison moyenne : 54° 5′ 42″.

MANGABÉ (23 octobre 1904).

Station. — Installé à 30 mètres Nord-Ouest de l'église catholique, près du fossé du village. Argile jaunâtre. A 800 mètres Sud-Ouest, massif gneiss granitoïde d'Antongona. Altitude : 1.288 mètres. Longitude : 45° 3′ Est de Paris. Latitude : 18° 56′ 5″ Sud. Baromètre : 657 mm. 8. Thermomètre : 18°.

L'azimut a été fixé par 10 pointés du soleil.

Déclinaison. — De 15 h. 56 à 16 h. 10. Méridien magnétique : 202° 21′ 22″. Méridien géographique : 211° 25′ 56″. Déclinaison : 8° 54′ 34″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 10 à 16 h. 30. Déviation moyenne : 15° 43′ 37″. Durée d'une oscillation : 3s6216. Température : 17° à 16 h. 10; 16°,4 à 16 h. 30. Composante horizontale : 0,22771.

Inclinaison (24 octobre 1904). — De 12 heures à 12 h. 29. Première aimantation : 53° 9′ 5″. Pôles renversés : 54° 22′ 32″. Inclinaison moyenne : 53° 45′ 48″.

FENOMANANA (24 octobre 1904).

Station. — Nous nous sommes placés à 30 mètres Nord-Est de l'église catholique. Argile rougeâtre; à 1 kilomètre Sud, pierres d'origine ignée dans le ruisseau. Altitude : 1.306 mètres. Longitude : 44° 58′ 36″ Est de Paris. Latitude : 18° 55′ 5″ Sud. Baromètre : 656 millimètres. Thermomètre : 22°,2.

10 hauteurs du soleil ont donné la trace du méridien terrestre.

Déclinaison. — De 15 h. 40 à 15 h. 53. Méridien magnétique :

55° 50′ 45″. Méridien géographique : 65° 32′ 58″. Déclinaison : 9° 42′ 23″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 54 à 16 h. 20. Déviation moyenne : 16° 28′ 45″. Durée d'une oscillation : 3^s6900. Température : 20° à 15 h. 54 ; 19°,4 à 16 h. 20. Composante horizontale : 0,21847.

Inclinaison. — De 16 h. 35 à 17 h. Première aimantation : 55° 16′ 15″. Pôles renversés : 54° 15′ 50″. Inclinaison moyenne : 54° 46′ 2″.

MASINDRAY (25 octobre 1904).

Station. — Nous nous sommes installés à 10 mètres Sud-Est de l'église catholique, près le fossé du village. Argile rougeâtre ; à 100 mètres Sud roches granitiques. Altitude : 1.341 mètres. Longitude : 44° 55′ 48″ de Paris. Latitude : 18° 55′ 55″ Sud. Baromètre : 652 millimètres. Thermomètre : 23°,2.

On a observé 10 hauteurs du soleil afin de déduire le méridien local.

Déclinaison. — De 16 h. 27 à 16 h. 40. Méridien magnétique : 10° 28′ 15″. Méridien géographique : 20° 46′ 6″. Déclinaison : 10° 17′ 51″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 41 à 17 h. 10. Déviation moyenne : 15° 57′ 26″. Durée d'une oscillation : 3^s6311. Température : 21° à 16 h. 41 ; 20°,4 à 17 h. 10. Composante horizontale : 0,22552.

Inclinaison. — De 12 h. 25 à 13 h. 10. Première aimantation : 55° 6′ 47″. Pôles renversés : 54° 0′ 2″. Inclinaison moyenne : 54° 46′ 2″.

AMBY (26 octobre 1904).

Station. — Après avoir terminé un tour géodésique, au sommet de cette montagne, nous avons relevé la déclinaison et la composante horizontale. Argile jaunâtre : quartz. Altitude : 1.499 mètres. Longitude : 44° 54′ 25″ Est de Paris. Latitude : 18° 54′ 20″ Sud. Baromètre : 639 mm. 6. Thermomètre : 26°,2.

Nous avons obtenu le méridien local par 10 pointés du soleil.

Déclinaison. — De 14 heures à 14 h. 17. Méridien magnétique :

200° 22′ 11″. Méridien géographique : 210° 39′ 24″. Déclinaison : 10° 17′ 13″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 14 h. 18 à 14 h. 52. Déviation moyenne : 16° 21′ 45″. Durée d'une oscillation : 3s6655. Température : 25°,5 à 14 h. 18; 26° à 14 h. 52. Composante horizontale : 0,22069.

AMBOHIDRAISOLA (27 octobre 1904).

Station. — Placé à 20 mètres Sud-Ouest de l'église catholique. Argile couleur rose; aux environs, quartz et roches granitiques. Altitude : 1.376 mètres. Longitude : 44° 51′ 55″ Est de Paris. Latitude : 18° 58′ 10″ Sud. Baromètre : 651 mm. 2. Thermomètre : 21°,3.

Dix hauteurs du soleil ont donné le méridien du lieu.

Déclinaison. — De 8 h. 30 à 8 h. 45. Méridien magnétique : 151° 7′ 15″. Méridien géographique : 161° 32′ 3″. Déclinaison : 10° 24′ 48″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 8 h. 50 à 9 h. 17. Déviation moyenne : 16° 4′ 15″. Durée d'une oscillation : 3s6483. Température : 18°,8 à 8 h. 50; 19°,6 à 9 h. 17. Composante horizontale : 0,22368.

Inclinaison. — De 15 h. 45 à 16 h. 20. Première aimantation : 53° 58′ 5″. Pôles renversés : 55° 6′ 50″. Inclinaison moyenne : 54° 32′ 27″.

DISCUSSION DES RÉSULTATS DE 1904. — Pendant l'année 1902 j'avais déterminé les éléments magnétiques en trois stations comprises dans les résultats précédents : à savoir, Miantsoarivo, Fehibé et Tsirangaina. Les deux premiers lieux sont situés sur le versant Nord du massif volcanique de l'Ankaratra. Il est intéressant de comparer d'abord les valeurs obtenues, après deux années d'intervalle.

A Miantsoarivo la déclinaison était de 9° 48′ 6″ le 5 septembre 1902. Or, le 21 septembre 1904, nous trouvons 10° 0′ 15″; ce qui suppose une augmentation de 12′ 9″ en deux ans, soit 6 4″ en un an, fait absolument irrégulier, puisqu'en général, la déclinaison diminue annuellement. La composante horizontale analysée dans ses détails donne en 1902 une déviation moyenne de 16° 56′ 37″ et 15° 53′ 15″ en 1904, soit une dimi-

nution de 1° 3′ 22″ en deux ans, ou 31′ 41″ en un an. Or, à Tananarive la moyenne de septembre 1902 indique 16° 46′ 5″ et 15° 37′ 22″ en 1904; la différence entre ces deux années est donc de 1° 8′ 43″ ou 34′ 22″ en un an. La diminution de cette valeur semble régulière.

La moyenne d'une oscillation à Miantsoarivo fut trouvée égale à 3^s4744 en 1902 et 3^s6311, en 1904, soit une différence de 0^s1567 en deux ans, ou 0,0783 en un an. Tananarive fournit la moyenne de 3^s4480 en septembre 1902 et 3^s5980 en 1904, 0^s1500 en deux ans ou 0^s0750 en un an. Les résultats en ces deux lieux sont encore presque concordants. Il y a tout lieu de croire que la composante horizontale suit une marche régulière à Miantsoarivo 0,22891 en 1902 et 0,22600 en 1904; diminution 0,00291 en deux ans, ou 0,00145 en un an. Tananarive constate les deux valeurs : 0,23190 en septembre 1902, et 0,22991 en septembre 1904, diminution de 0,00189 en deux ans, ou 0,00094 en un an.

L'inclinaison moyenne en 1903, égale 54° 17′ 2″, à Miantsoarivo, puis 54° 30′ 34″ en 1904; d'où une augmentation de 13′ 56″ en deux années, et de 6′ 58″ en un an. Cette anomalie de même sens que la déclinaison a déjà été signalée à Ambatolampy. Nous essaierons plus loin d'expliquer cette irrégularité.

La déclinaison de Fehibé indiquait 11° 1′ 35″ Nord-Ouest, le 26 septembre 1902, et 10° 28′ 12″ Nord-Ouest le 5 octobre 1904; différence, — 33′ 23″ en deux ans, ou — 16′ en un an. Cette variation est deux fois plus intense qu'à Tananarive.

La composante horizontale demande à être analysée afin de mieux connaître l'anomalie qui affecte cet élément. La déviation moyenne est de 17° 29′ 37″ en 1902 et 15° 59′ 57″ en 1904, diminution de 1° 29′ 40″ en deux ans, ou 44′ 50″ en un an, valeur encore plus forte qu'en Miantsoarivo.

Le résultat final de la composante horizontale fournit 0,22140 en 1902, et 0,22454 en 1904; en d'autres termes une augmentation au lieu d'une diminution, résultat anormal.

L'inclinaison reste constante à Fehibé. Nous obtenions 55° 42′ 8″ en 1902 et 55° 42′ 10″ en 1904; différence 2″. D'après les isoclines et les

résultats de Tananarive, cet élément ne diminue que de quelques secondes.

Dès que l'on quitte la vallée de Katsoaka et que l'on remonte vers Tsirangaina, les éléments magnétiques reprennent leur cours régulier. Dans cette dernière station, la diminution annuelle de la déclinaison égale 7′, comme à Tananarive; la composante décroît de 0,00128 par an, et l'inclinaison de 3′ 18″.

Essayons de rechercher quelques causes capables de produire des modifications dans les éléments magnétiques en amont et en aval de la vallée du Katsaoka.

Lorsque de Tsirangaina, l'on se dirige vers les premières assises de l'Ankaratra, on traverse la rivière Latsoaka qui, sur certains points, a mis à nu des roches éruptives très nombreuses.

Ces masses magnétiques doivent provenir des premiers volcans Manango et autres qui apparaissent au Sud de Fehibé et d'Ambohimiandra; les coulées traversent ces deux villages. Existerait-il quelque autre centre éruptif au sommet de la vallée du Katsoaka vers Miantsoarivo, par exemple Ambohikely, piton conique caractéristique? A défaut de signes extérieurs et en nous basant d'après la forme du terrain, nous serions tentés de croire que les coulées de ce volcan se sont surtout épanchées dans cette direction. Le volcan de Rantoandro ayant la forme d'un trapèze comme Tokotanitsara (29 septembre 1901), fournit les résultats les plus étranges que nous ayons jamais rencontrés. Les 10 hauteurs du soleil, cercle à droite et cercle à gauche réunis donnent les 5 résultats azimutaux suivants : (1) 258° 53′ 58″; (2) 258° 54′ 26″; (3) 258° 53′ 59″; (4) 258° 54′ 24″; (5) 258° 54′ 5″. Moyenne : 258° 54′ 10″. Les deux méridiens magnétiques Lunette à Est, indiquent 353° 16′ 30″, et Lunette à Ouest 353° 12′. Moyenne : 353° 14′ 15″. La déclinaison conclue démontre et l'exactitude des observations et surtout l'influence qu'exercent les roches noirâtres internes et externes de ce sommet. Chaque fragment de lave constitue un véritable aimant ayant ses deux pôles contraires. Examinons maintenant les deux expériences d'après lesquelles résulte l'intensité de la composante horizontale. La

moyenne d'une oscillation 3^s4650 comparée avec celle obtenue à Fiantsoana, distance 4 km. 600, indique des oscillations beaucoup plus accélérées. En règle générale, les déviations de l'aimant, la tige étant à l'Est ensuite à l'Ouest, donnent le même angle à 1′ ou 2′ près; le moment magnétique du barreau et celui de la terre restent constants. Il n'en est pas ainsi sur le sommet de Rantoandro; lorsque la tige est tournée vers l'Est, l'angle du barreau dévié égale 38° 20′ 15″ lorsque la tige regarde l'Ouest avec barreau perpendiculaire à un petit amas de pierres volcaniques, l'angle est de 34° 34′, soit 3° 46′ 15″ de différence. En outre ces valeurs obtenues sont extrêmement fortes; la station voisine de Fiantsoana indique une déviation moyenne de 15° 50′ 30″, celle d'Ambohitrantenaina, distante de 6 km. 200, 15° 44′ 52″. Avec des résultats aussi anormaux que ceux de Rantoandro, il n'y a pas lieu de s'étonner que la composante horizontale (égale à 0,22618 dans la station de Fiantsoana, 0,22677 dans celle d'Anbohitrantenaina) s'abaisse à 0,16016 sur ce sommet.

Afin de mieux juger du résultat aussi extraordinaire que donne l'aiguille magnétique de l'inclinaison en ce point, nous rappellerons les valeurs anormales obtenues sur le Tsiafajavona, station volcanique, et au village de Soamahamanina, dont le sous-sol renferme de notables quantités de magnétite. L'inclinaison moyenne fut trouvée égale à 47° 45′ 15″ sur la haute montagne et 58° 55′ 45″ dans le village. Or, Rantoandro fournit 78° 35′ 42″, alors que les deux villages voisins de Fiantsoana et Ambohitrantenaina donnent 54° 26′ 57″ et 54° 7′ 30″. Le pôle Nord de l'aiguille était manifestement attiré vers le sol et occupait une position presque verticale qui contrastait avec l'obliquité ordinaire. Il reste à expliquer les valeurs magnétiques peu régulières de Fiantsoana. Ce village est distant de 1 km. 500 de l'extrémité australe du plateau de Tsimahabeomby.

Dans une légère dépression du terrain semblable à un cratère, à Ambohitrankanga, on découvre des pierres volcaniques isolées que l'on remarque aussi dans les tranchées du grand chemin de Tananarive situé à proximité.

Ces laves basiques rejetées par ce centre voisin se sont déversées très probablement dans le sous-sol de Fiantsoana; leurs éléments ferrugineux influent ainsi sur la déclinaison, la composante horizontale et l'inclinaison.

On remarque enfin une perturbation magnétique assez considérable sur le petit volcan de Vontovorona, près le grand village de Fenoarivo. La déclinaison, 6° 0′ 34″, se dirige vers le Nord. Dans les opérations de la composante horizontale, la durée d'une oscillation du barreau aimanté augmente 3s8205, au lieu de 3s6511, observée aux deux stations rapprochées de Merikanjaka, et 3s6144 d'Ambohibato. La déviation moyenne 17° 38′ 41″, surpasse de 2° celle des deux mêmes points. Le résultat final comparé avec les valeurs voisines est faible, 0,20413.

Ambohinaorina (18 septembre 1905).

Station. — Nous nous sommes placés à 100 mètres Ouest de l'église catholique. Argile couleur rose; à 800 mètres, massif de gneiss granitoïde. Altitude : 1.297 mètres. Longitude : 45° 3′ 6″ Est de Paris. Latitude : 18° 52′ 25″ Sud. Baromètre : 657 millimètres. Thermomètre : 21°.

Le méridien local a été obtenu par 6 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 16 heures à 16 h. 15. Méridien magnétique : 358° 44′ 3″. Méridien géographique : 368° 13′ 59″. Déclinaison : 9° 29′ 56″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 17 à 17 h. 9. Déviation moyenne : 15° 55′ 22″. Durée d'une oscillation : 3s6250. Température : 20° à 16 h. 17, 19°,4 à 17 h. 9. Composante horizontale : 0,22618.

Inclinaison. — De 11 h. 30 à 12 h. 6. Première aimantation : 54° 42′ 17″. Pôles renversés : 53° 23′ 32″. Inclinaison moyenne : 54° 2′ 54″.

Ambohimiandra (19 septembre 1905).

Station. — L'instrument a été placé à 30 mètres Ouest de l'église catholique. Le sol est constitué par de l'argile jaunâtre contenant du fer oxydulé. Dans le Sud, bandes granitiques traversant le massif gneis-

sique de Nossiravo (P. Muthuon). Altitude : 1.315 mètres. Longitude : 44° 59′ 50″ Est de Paris. Latitude : 18° 50′ 45″ Sud. Baromètre : 658 millimètres. Thermomètre : 18°,2.

Dix hauteurs du soleil ont donné l'azimut.

Déclinaison. — De 8 h. 40 à 8 h. 48. Méridien magnétique : 187° 9′ 29″. Méridien géographique : 197° 39′ 7″. Déclinaison : 10° 29′ 38″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 8 h. 54 à 9 h. 22. Déviation moyenne : 16° 21′. Durée d'une oscillation : 3s6866. Température : 19° à 8 h. 54; 19°,7 à 9 h. 22. Composante horizontale : 0,21951.

Inclinaison. — De 9 h. 40 à 10 h. 25. Première aimantation : 55° 4′ 22″. Pôles renversés : 55° 52′ 22″. Inclinaison moyenne : 55° 28′ 22″.

AMBOHITRIMO (20 septembre 1905).

Station. — Nous avons installé l'instrument à 40 mètres Ouest de l'église catholique, près d'un talus. Argile rouge. Altitude : 1.297 mètres. Longitude : 44° 57′ Est de Paris. Latitude : 18° 51′ 45″ Sud. Baromètre : 661 mm. 3. Thermomètre : 27°,3.

Huit distances zénithales du soleil ont donné la trace du méridien terrestre.

Déclinaison. — De 9 h. 25 à 9 h. 40. Méridien magnétique : 184° 2′ 3″. Méridien géographique : 193° 37′. Déclinaison : 9° 35′ 57″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 9 h. 40 à 10 h. 7. Déviation moyenne : 15° 50′ 44″. Durée d'une oscillation : 3s6088. Température : 28° à 9 h. 40; 28°,5 à 10 h. 7. Composante horizontale : 0,22768.

Inclinaison. — De 7 h. 55 à 8 h. 50. Première aimantation : 53° 24′ 20″. Pôles renversés : 54° 38′ 35″. Inclinaison moyenne : 54° 1′ 27″.

MAHITSY (20 septembre 1905).

Station. — Installé à 20 mètres Sud de l'église catholique. Argile rouge; aux environs, pierres granitiques. Altitude : 1.322 mètres. Longitude : 44° 54′ 20″ Est de Paris. Latitude : 18° 52′ 40″ Sud. Baromètre : 657 mm. 3. Thermomètre : 25°,8.

Par 10 pointés du soleil, nous avons obtenu l'azimut du lieu.

Déclinaison. — De 13 h. 47 à 13 h. 56. Méridien magnétique : 133° 2′ 26″. Méridien géographique : 141° 26′ 12″. Déclinaison 8° 23′ 46″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 13 h. 21 à 13 h. 47. Déviation moyenne : 16° 3′. Durée d'une oscillation : 3s6390. Température : 26° à 13 h. 21; 26°,7 à 13 h. 47. Composante horizontale : 0,22439.

Inclinaison. — De 14 h. 45 à 15 h. 15. Première aimantation : 54° 1′ 22″. Pôles renversés : 55° 5′ 55″. Inclinaison moyenne : 54° 33′ 38″.

Ambaniala (22 septembre 1905).

Station. — Placé l'instrument à 40 mètres Ouest de l'église catholique. Argile jaunâtre mêlée de fer oxydulé. Altitude : 1.315 mètres.. Longitude : 45° 7′ 48″ Est de Paris. Latitude : 18° 55′ 10″ Sud. Baromètre : 658 mm. 7. Thermomètre : 20°,9.

Le méridien géographique résulte de 10 pointés du soleil

Déclinaison. — De 15 heures à 15 h. 15. Méridien magnétique : 10° 7′ 22″. Méridien géographique : 19° 20′ 42″. Déclinaison : 9° 23′ 20″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 31 à 16 heures. Déviation moyenne : 15° 49′ 11″. Durée d'une oscillation : 3s6261. Température : 20° à 15 h. 31; 19°,4 à 16 heures. Composante horizontale : 0,22678.

Inclinaison. — De 12 heures à 12 h. 43. Première aimantation : 53° 17′ 5″. Pôles renversés : 54° 20′ 12″. Inclinaison moyenne : 53° 48′ 38″.

Fiakarana (près l'Ikopa) (24 septembre 1905).

Station. — Nous nous sommes installés à 30 mètres Nord de l'église catholique. Argile jaunâtre. Altitude : 1.327 mètres. Longitude : 45° 5′ 40″ Est de Paris. Latitude : 18° 51′ 50″ Sud. Baromètre : 656 millimètres. Thermomètre : 20°.

Dix pointés du soleil ont fourni l'azimut.

Déclinaison. — De 15 h. 48 à 16 heures. Méridien magnétique : 334°

54′ 37″. Méridien géographique : 344° 9′ 52″. Déclinaison : 9° 15′ 15″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 heures à 16 h. 26. Déviation moyenne : 15° 54′ 30″. Durée d'une oscillation : 3s6338. Température : 19° à 16 heures; 18°,4 à 16 h. 26. Composante horizontale : 0,22568.

Inclinaison. — De 16 h. 40 à 17 h. 23. Première aimantation : 54° 47′ 17″. Pôles renversés : 53° 34′ 37″. Inclinaison moyenne : 54° 10′ 57″.

Andranovato (25 septembre 1905).

Station. — Instrument placé à 20 mètres Nord de l'école catholique. Argile jaunâtre; à 500 mètres Nord-Est, grosses roches granitiques. Altitude : 1.376 mètres. Longitude : 44° 55′ 10″ Est de Paris. Latitude : 18° 49′ Sud. Baromètre : 653 millimètres. Thermomètre : 24°,1.

L'azimut du lieu a été fixé par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 14 h. 40 à 14 h. 52. Méridien magnétique : 117° 55′ 24″. Méridien géographique : 127° 32′ 42″. Déclinaison : 9° 37′ 18″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 51 à 17 h. 22. Déviation moyenne : 15° 49′ 56″. Durée d'une oscillation : 3s6133. Température : 23° à 16 h. 51; 22°,4 à 17 h. 22. Composante horizontale : 0,22749.

Inclinaison. — De 13 h. 30 à 14 h. 15. Première aimantation : 53° 36′ 25″. Pôles renversés : 54° 32′ 40″. Inclinaison moyenne : 54° 4′ 32″.

Soavinimerina (26 septembre 1905).

Station. — Placé à 20 mètres Sud de l'église catholique. Argile jaunâtre; terrain d'alluvion. Altitude : 1.303 mètres. Longitude : 44° 57′ 18″ Est de Paris. Latitude : 18° 46′ 35″ Sud. Baromètre : 658 mm. 5. Thermomètre : 22°.

La trace du méridien terrestre a été obtenue par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 8 h. 37 à 8 h. 50. Méridien magnétique : 81° 9′ 45″. Méridien géographique : 90° 59′ 7″. Déclinaison : 9° 49′ 22″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 11 h. 11 à 11 h. 39. Déviation moyenne :

15° 59′ 3″. Durée d'une oscillation : 3^s6572. Température : 23° à 11 h. 11 ; 23°,7 à 11 h. 39. Composante horizontale : 0,22372.

Inclinaison. — De 16 h. 40 à 17 h. 6. Première aimantation : 55° 8′ 10″. Pôles renversés : 53° 45′ 5″. Inclinaison moyenne : 54° 26′ 37″.

ANTANANTANANA (28 septembre 1905).

Station. — A 20 mètres Nord de l'église catholique, près le fossé du village. Argile jaunâtre. A 1 kilomètre Est-Nord-Est, bandes granitiques (P. Muthuon). Altitude : 1.313 mètres. Longitude : 45° 1′ 20″ Est de Paris. Latitude : 18° 49′ Sud. Baromètre : 657 mm. 9. Thermomètre : 24°,6.

Dix hauteurs du soleil ont donné le méridien terrestre.

Déclinaison. — De 8 h. 40 à 8 h. 50. Méridien magnétique : 99° 6′ 22″. Méridien géographique : 108° 40′ 39″. Déclinaison : 9° 34′ 17″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 8 h. 51 à 9 h. 20 : Déviation moyenne 15° 52′ 56″. Durée d'une oscillation : 3^s6350. Température : 25° à 8 h. 51 ; 25°,7 à 9 h. 20. Composante horizontale : 0,22579.

Inclinaison. — De 15 h. 48 à 16 h. 15. Première aimantation : 53° 7′ 45″. Pôles renversés : 54° 22′ 10″. Inclinaison moyenne : 53° 44′ 57″.

AMBOHIMANARINA (29 septembre 1905).

Station. — Installé à 20 mètres Nord de l'église catholique. Argile jaunâtre mêlée de fer oxydulé. Quartzite à magnétite (P. Muthuon). Altitude 1.322 mètres. Longitude : 45° 8′ 40″ Est de Paris. Latitude : 18° 52′ 40″ Sud. Baromètre : 659 millimètres. Thermomètre : 26°.

Méridien géographique obtenu par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 14 h. 48 à 15 heures. Méridien magnétique : 279° 1′ 45″. Méridien géographique : 288° 45′ 18″. Déclinaison : 9° 43′ 33″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 heures à 15 h. 28. Déviation moyenne : 15° 51′ 22″. Durée d'une oscillation : 3^s6222. Température : 27° à 15 heures ; 26°,4 à 15 h. 28. Composante horizontale : 0,22677.

Inclinaison. — De 10 h. 40 à 11 h. 16. Première aimantation : 54° 38′ 2″. Pôles renversés : 52° 55′ 52″. Inclinaison moyenne : 53° 46′ 57″.

AMBOHIDRATRIMO (1er et 6 octobre 1905).

Station. — Instrument placé à 20 mètres Nord-Ouest de l'église catholique. Argile jaunâtre; au Nord-Est et à l'Ouest, grosses roches magnétiques. Altitude : 1.336 mètres. Longitude : 45° 5′ Est de Paris. Latitude : 18° 49′ 10″ Sud. Baromètre : 655 mm. 8. Thermomètre : 25°.

On a obtenu l'azimut du lieu par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison (6 octobre). — De 14 h. 31 à 14 h. 42. Méridien magnétique : 133° 51′ 11″. Méridien géographique : 143° 59′ 15″. Déclinaison : 10° 8′ 4″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 14 h. 43 à 15 h. 8. Déviation moyenne : 15° 57′ 22″. Durée d'une oscillation : 3s6538. Température : 25°,5 à 14 h. 43; 25° à 15 h. 8. Composante horizontale : 0,22412.

Inclinaison (1er octobre 1905). — De 15 h. 30 à 16 h. 25. Première aimantation : 55° 0′ 42″. Pôles renversés : 53° 35′ 52″. Inclinaison moyenne : 54° 18′ 17″.

TSIMAHANDRY (2 octobre 1905).

Station. — Nous nous sommes installés à 15 mètres Ouest de l'église catholique, près du chemin. Argile rouge. Altitude : 1.320 mètres. Longitude : 45° 2′ 8″ Est de Paris. Latitude : 18° 46′ 15″ Sud. Baromètre : 655 mm. 5. Thermomètre : 21°,8.

Huit pointés du soleil ont donné le méridien local.

Déclinaison. — De 15 heures à 15 h. 11. Méridien magnétique : 171° 0′ 15″. Méridien géographique : 180° 39′ 18″. Déclinaison : 9° 38′ 26″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 12 à 15 h. 41. Déviation moyenne : 15° 47′ 22″. Durée d'une oscillation : 3s6183. Température : 22° à 15 h. 12; 21°,7 à 15 h. 41. Composante horizontale : 0,22748.

Inclinaison. — De 11 h. 36 à 12 h. 12. Première aimantation :

53° 13′ 40″. Pôles renversés : 54° 45′ 17″. Inclinaison moyenne : 53° 59′ 28″.

NANDIHIZANA (2 octobre 1905).

Station. — A 30 mètres Nord-Ouest de l'église catholique. Argile jaunâtre. Altitude : 1,344 mètres. Longitude : 44° 59′ 20″ Est de Paris. Latitude : 18° 44′ 10″ Sud. Baromètre : 654 mm. 1. Thermomètre : 22°.

La trace du méridien terrestre a été déterminée par 10 pointés du soleil.

Déclinaison. — De 14 h. 52 à 15 h. 3. Méridien magnétique : 95° 31′ 26″. Méridien géographique : 105° 7′ 11″. Déclinaison : 9° 35′ 45″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 3 à 15 h. 30. Déviation moyenne : 15° 46′ 56″. Durée d'une oscillation : 3s6177. Température : 21°,9 à 15 h. 3; 21°,4 à 15 h. 30. Composante horizontale : 0,22757.

Inclinaison. — De 16 heures à 16 h. 27. Première aimantation : 54° 19′ 55″. Pôles renversés : 52° 50′ 7″. Inclinaison moyenne : 53° 35′ 1″.

ANTANETIBÉ (4 octobre 1905).

Station. — Nous nous sommes placés à 60 mètres Nord-Est de l'église catholique, dans un jardin. Argile jaunâtre mélangée de fer oxydulé. Altitude : 1.368 mètres. Longitude : 44° 58′ 18″ Est de Paris. Latitude : 18° 44′ 50″ Sud. Baromètre : 657 mm. 1. Thermomètre : 22°,6.

Dix hauteurs du soleil ont donné le méridien local.

Déclinaison. — De 14 h. 24 à 14 h. 36. Méridien magnétique : 346° 1′ 15″. Méridien géographique : 355° 5′ 51″. Déclinaison : 9° 4′ 26″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 14 h. 36 à 15 h. 3. Déviation moyenne : 15° 42′ 11″. Durée d'une oscillation : 3s6172. Température : 23° à 14 h. 36 22°,4 à 15 h. 3. Composante horizontale : 0,22816.

Inclinaison. — De 15 h. 45 à 16 h. 12. Première aimantation : 52° 43′ 32″. Pôles renversés : 54° 15′ 37″. Inclinaison moyenne : 53° 29′ 34″.

Ambohitraivo (5 octobre 1905).

Station. — Nous nous sommes placés à 30 mètres Ouest de la maison appartenant à la Mission catholique. Argile rouge; sable quartzeux. Altitude : 1.421 mètres. Longitude : 44° 59′ 50″ Est de Paris. Latitude : 18° 41′ 45″ Sud. Baromètre : 649 mm. 3. Thermomètre : 20°,6.

Dix hauteurs du soleil ont fourni l'azimut local.

Déclinaison. — De 15 h. 31 à 15 h. 43. Méridien magnétique : 350° 22′ 52″. Méridien géographique : 359° 45′ 32″. Déclinaison : 9° 27′ 40″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 44 à 16 h. 13. Déviation moyenne : 15° 50′ 37″. Durée d'une oscillation : 3s 6277. Température : 19° à 15 h. 44, 18°,4 à 16 h. 13. Composante horizontale : 0,22651.

Inclinaison. — De 12 h. 25 à 12 h. 55. Première aimantation : 53° 3′ 25″. Pôles renversés : 54° 23′ 52″. Inclinaison moyenne : 53° 43′ 37″.

Ambohijahanary (8 octobre 1905).

Station. — Installé à 15 mètres Ouest du clocher de l'église catholique. Argile jaunâtre avec fer oxydulé abondant; sable quartzeux. Altitude : 1.329 mètres. Longitude : 45° 8′ Est de Paris. Latitude : 18° 49′ 55″ Sud. Baromètre : 654 mm. 8. Thermomètre : 23°.

On a obtenu le méridien géographique par 10 pointés du soleil.

Déclinaison. — De 15 h. 25 à 15 h. 35. Méridien magnétique : 244° 20′ 33″. Méridien géographique : 252° 51′ 42″. Déclinaison : 8° 31′ 9″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 36 à 16 h. 3. Déviation moyenne : 15° 55′ 41″. Durée d'une oscillation : 3s6173. Température : 22° à 15 h. 36; 21°,3 à 16 h. 3. Composante horizontale : 0,22657.

Inclinaison (13 octobre 1905). — De 15 h. 15 à 16 h. Première aimantation : 54° 29′ 20″. Pôles renversés : 53° 26′ 22″. Inclinaison moyenne : 53° 37′ 51″.

Fiakarana (Nord-Ouest) (9 octobre 1905).

Station. — Instrument placé à 50 mètres Ouest du clocher de l'église catholique, près du chemin qui aboutit au village. Argile rougeâtre; au Nord, grosses roches granitiques. Altitude : 1.377 mètres. Longitude : 45° 5′ 40″ Est de Paris. Latitude : 18° 46′ 15″ Sud. Baromètre : 653 mm. 6. Thermomètre : 19°.

Par 10 pointés du soleil le méridien géographique a été fixé.

Déclinaison. — De 8 h. 25 à 8 h. 35. Méridien magnétique : 194° 59′ 16″. Méridien géographique : 204° 39′ 47″. Déclinaison : 9° 50′ 21″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 8 h. 36 à 9 h. 5. Déviation moyenne : 15° 49′ 45″. Durée d'une oscillation : 3s6194. Température : 19°,3 à 8 h. 36; 20° à 9 h. 5. Composante horizontale : 0,22713.

Inclinaison. — De 16 h. 4 à 16 h. 30. Première aimantation 54° 20′ 26″. Pôles renversés : 52° 59′ 42″. Inclinaison moyenne : 53° 40′ 4″.

Ankeribé (10 octobre 1905).

Station. — Installé à 20 mètres Sud-Ouest de l'église. Argile rouge mêlée de fer oxydulé; au Nord, massif granitique. Altitude : 1.362 mètres. Longitude : 45° 4′ 40″ Est de Paris. Latitude : 18° 43′ Sud. Baromètre : 654 mm. 3. Thermomètre : 19°,2.

On a fixé l'azimut du lieu par 10 pointés du soleil.

Déclinaison. — De 8 h. 40 à 8 h. 56. Méridien magnétique : 343° 14′ 52″. Méridien géographique : 353° 12′ 42″. Déclinaison : 9° 57′ 50″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 8 h. 56 à 9 h. 23. Déviation moyenne : 15° 58′ 22″. Durée d'une oscillation : 3s6372. Température : 20°,3 à 8 h. 56; 20°,9 à 9 h. 23. Composante horizontale : 0,22503.

Inclinaison. — De 15 h. 45 à 16 h. 15. Première aimantation : 53° 35′ 35″. Pôles renversés : 53° 18′ 40″. Inclinaison moyenne : 53° 57′ 37″.

Amberomanga (11 octobre 1905).

Station. — Après un tour d'horizon géodésique exécuté sur ce sommet, nous avons déterminé seulement la déclinaison en ce point. Argile mêlée d'humus; installé près d'un arbrisseau. A 800 mètres Nord, massif granitique. Altitude : 1.498 mètres. Longitude : 45° 4′ Est de Paris. Latitude : 18° 42′ 30″ Sud. Baromètre : 643 millimètres. Thermomètre : 25°.

L'azimut a été fixé par 10 pointés du soleil.

Déclinaison. — De 14 h. 44 à 15 heures. Méridien magnétique : 171° 31′ 26″. Méridien géographique : 180° 53′ 4″. Déclinaison : 9° 21′ 38″ Nord-Ouest.

Ankadisarotra (12 octobre 1905).

Station. — Installé à 30 mètres Ouest de l'église catholique. Argile jaunâtre. Altitude : 1.436 mètres. Longitude : 45° 0′ 30″ Est de Paris. Latitude : 18° 39′ 10″ Sud. Baromètre : 649 millimètres. Thermomètre : 24°,8.

Dix hauteurs du soleil ont fourni le méridien terrestre.

Déclinaison. — De 14 h. 5 à 14 h. 15. Méridien magnétique : 119° 57′ 45″. Méridien géographique : 129° 34′. Déclinaison : 9° 36′ 15″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 14 h. 15 à 14 h. 50. Déviation moyenne : 16° 3′ 3″. Durée d'une oscillation : 3ˢ6461. Température : 25° à 14 h. 15; 24°,7 à 15 h. 50. Composante horizontale : 0,22395.

Inclinaison. — De 9 h. 15 à 9 h. 55. Première aimantation : 53° 19′ 22″. Pôles renversés : 54° 31′ 50″. Inclinaison moyenne : 53° 55′ 36″.

Namehana (15 octobre 1905).

Station. — Instrument placé à 100 mètres Nord-Ouest de l'église catholique, dans un jardin. Argile rougeâtre. Altitude : 1.306 mètres. Longitude : 45° 11′ 10″ Est de Paris. Latitude : 18° 49′ 40″ Sud. Baromètre : 657 mm. 6. Thermomètre : 20°.

Azimut fixé par 10 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 16 h. 15 à 16 h. 26. Méridien magnétique : 313° 37′ 37″. Méridien géographique : 324° 3′ 8″. Déclinaison : 10° 25′ 31″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 26 à 16 h. 54. Déviation moyenne : 15° 53′ 15″. Durée d'une oscillation : 3s6377. Température : 19° à 16 h. 26; 18°,4 à 16 h. 54. Composante horizontale : 0,22558.

Inclinaison. — De 17 heures à 17 h. 25. Première aimantation : 55° 1′ 25″. Pôles renversés : 53° 48′ 2″. Inclinaison : 54° 24′ 43″.

Manankasina (16 octobre 1905).

Station. — Nous nous sommes placés à 25 mètres Nord-Ouest de l'église catholique, près de deux tombeaux. Argile jaunâtre. Altitude : 1.305 mètres. Longitude : 45° 11′ 20″ Est de Paris. Latitude : 18° 46′ 55″ Sud. Baromètre : 659 mm. 3. Thermomètre : 20°.

Dix pointés du soleil ont fourni le méridien géographique.

Déclinaison. — De 8 h. 4 à 8 h. 20. Méridien magnétique : 79° 4′ 15″. Méridien géographique : 88° 57′ 57″. Déclinaison : 9° 53′ 42″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 8 h. 20 à 8 h. 50. Déviation moyenne : 15° 47′. Durée d'une oscillation : 3s6161. Température : 21°,5 à 8 h. 20; 22°,2 à 8 h. 50. Composante horizontale : 0,22766.

Inclinaison. — De 9 h. 3 à 9 h. 45. Première aimantation : 54° 34′ 37″. Pôles renversés : 53° 50′ 55″. Inclinaison moyenne : 54° 12′ 46″.

Imerimandroso (16 octobre 1905).

Station. — Instrument placé près du fossé de la porte du village. Argile couleur rose; sable quartzeux. Altitude : 1.313 mètres. Longitude : 45° 8′ 50″ Est de Paris. Latitude : 18° 45′ Sud. Baromètre : 657 mm. 3. Thermomètre : 22°. La trace du méridien terrestre a été déterminée par 10 pointés du soleil.

Déclinaison. — De 15 h. 34 à 15 h. 45. Méridien magnétique : 109° 37′ 52″. Méridien géographique : 119° 12′ 30″. Déclinaison : 9° 34′ 38″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 45 à 16 h. 12. Déviation moyenne 15° 41′ 26″. Durée d'une oscillation : 3s 6150. Température : 23° à 15 h. 45; 22°,4 à 16 h. 12. Composante horizontale : 0,22838.

Inclinaison. — De 16 h. 20 à 16 h. 52. Première aimantation : 54° 32′ 5″. Pôles renversés : 53° 1′ 42″. Inclinaison moyenne : 53° 46′ 53″.

SOAMANANDRAY du Nord (17 octobre 1905).

Station. — A 30 mètres Nord-Est de la plus grande maison du village. Argile rouge, sable quartzeux. Altitude : 1.341 mètres. Longitude : 45° 8′. Est de Paris. Latitude : 18° 41′, 55″ Sud. Baromètre : 656 mm. 6. Thermomètre : 20°.

Dix pointés du soleil ont donné le méridien local.

Déclinaison. — De 8 h. 3 à 8 h. 14. Méridien magnétique : 58° 23′ 29″. Méridien géographique : 68° 3′ 19″. Déclinaison : 9° 39′ 50″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 8 h. 15 à 8 h. 45. Déviation moyenne : 15° 45′ 26″. Durée d'une oscillation : 3s6283. Température : 20°,5 à 8 h. 15; 21°,2 à 8 h. 45. Composante horizontale : 0,22708.

Inclinaison. — De 9 h. 10 à 9 h. 42. Première aimantation : 54° 20′ 45″. Pôles renversés : 52° 50′ 45″. Inclinaison moyenne : 53° 35′ 45″.

ANKAZOTOLOMA (18 octobre 1905).

Station. — Le tour d'horizon exécuté sur cette montagne, nous avons procédé à la détermination de la déclinaison, au-dessus du signal géodésique. Argile rougeâtre; pierres de quartz. Altitude : 1.511 mètres. Longitude : 45° 90′ 30″ Est de Paris. Latitude : 18° 40′ Sud. Baromètre : 645 mm. 3. Thermomètre : 21°.

Dix hauteurs du soleil ont fixé l'azimut du lieu.

Déclinaison. — De 7 h. 54 à 8 h. 10. Méridien magnétique : 171° 0′ 11″. Méridien géographique : 181° 10′ 27″. Déclinaison : 10° 10′ 16″ Nord-Ouest.

Amboniloha (19 octobre 1905).

Station. — Installé à 20 mètres Ouest de l'église catholique. Argile rouge, mêlée de fer oxydulé; sable quartzeux. Altitude : 1.433 mètres. Longitude : 45° 9′ Est de Paris. Latitude : 18° 45′ 25″ Sud. Baromètre : 651 millimètres. Thermomètre : 20°.

Azimut obtenu par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 7 h. 10 à 7 h. 25. Méridien magnétique : 76° 7′ 18″. Méridien géographique : 85° 50′ 20″. Déclinaison : 9° 43′ 2″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 7 h. 26 à 8 h. 23. Déviation moyenne : 15° 39′ 11″. Durée d'une oscillation : 3s6555. Température : 21° à 7 h. 26; 21°,7 à 8 h. 23. Composante horizontale : 0,22612.

Inclinaison. — De 8 h. 34 à 9 h. 5. Première aimantation : 54° 44′ 32″. Pôles renversés : 53° 22′ 30″. Inclinaison moyenne : 54° 3′ 31″.

Maharidaza (19 octobre 1905).

Station. — A 25 mètres Ouest de la plus haute maison du hameau; placé sur un tombeau. Argile jaunâtre. Altitude : 1.487 mètres. Longitude : 45° 12′ 40″ Est de Paris. Latitude : 18° 41′ 30″ Sud. Baromètre : 646 mm. 1. Thermomètre : 18°.

Les nuages et la pluie ne m'ont permis de prendre que 6 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 12 h. 45 à 13 heures. Méridien magnétique : 3° 11′ 18″. Méridien géographique : 13° 1′ 30″. Déclinaison : 9° 50′ 12″ Nord-Ouest.

Soamandrakizay (20 octobre 1905).

Station. — Instrument placé à 30 mètres Ouest de la maison appartenant à la Mission catholique. Argile jaunâtre, sablonneuse; terrain d'alluvion. Altitude : 1.288 mètres. Longitude : 45° 10′ 40″ Est de Paris. Latitude : 18° 51′ 30″ Sud. Baromètre : 658 mm. 7. Thermomètre : 24°.

Dix hauteurs du soleil ont donné le méridien local.

Déclinaison. — De 16 h. 3 à 16 h. 15. Méridien magnétique : 142° 9′ 37″.

Méridien géographique : 152° 15′ 25″. Déclinaison : 10° 5′ 48″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 15 à 16 h. 43. Déviation moyenne : 15° 44′ 15″. Durée d'une oscillation : 3s6344. Température : 24° à 16 h. 15; 23°,5 à 16 h. 43. Composante horizontale : 0,22684.

Inclinaison. — De 15 h. 52 à 17 h. 25. Première aimantation : 54° 33′ 47″. Pôles renversés : 53° 20′ 16″. Inclinaison moyenne : 53° 57′ 1″.

Ilafy (22 octobre 1905).

Station. — A 30 mètres Ouest de l'église, près du fossé. Argile jaunâtre; à l'Est, grosses roches magnétiques. Altitude : 1.303 mètres. Longitude : 45° 12′ 20″ Est de Paris. Latitude : 18° 51′ 15″ Sud. Baromètre : 656 mm. 9. Thermomètre : 23°.

Dix pointés du soleil ont fixé l'azimut local.

Déclinaison. — De 16 heures à 16 h. 12. Méridien magnétique : 359° 23′ 29″. Méridien géographique : 369° 22′ 18″. Déclinaison : 9° 58′ 49″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 12 à 16 h. 39. Déviation moyenne : 15° 30′ 42″. Durée d'une oscillation : 3s6194. Température : 22°,5 à 16 h. 12; 22° à 16 h. 39. Composante horizontale : 0,22938.

Inclinaison. — De 14 h. 20 à 14 h. 55. Première aimantation : 53° 36′ 32″. Pôles renversés : 54° 50′ 22″. Inclinaison moyenne : 54° 13′ 27″.

Ambohimanga (23 octobre 1905).

Station. — Instrument placé à 60 mètres Sud de l'église catholique, en une clairière. Argile rouge mêlée d'humus; dans le voisinage, roches granitiques. Altitude : 1.449 mètres. Longitude : 45° 12′ Est de Paris. Latitude : 18° 45′ 35″ Sud. Baromètre : 645 mm. 7. Thermomètre : 24°.

Par 10 distances zénithales du soleil, on a fixé l'azimut local.

Déclinaison. — De 15 h. 15 à 16 heures. Méridien magnétique : 260° 3′ 41″. Méridien géographique : 269° 49′ 7″. Déclinaison : 9° 45′ 26″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 heures à 16 h. 31. Déviation moyenne : 15° 49′ 48″. Durée d'une oscillation : 3s6488. Température : 23°,5 à 16 heures; 22°,7 à 16 h. 31. Composante horizontale : 0,22530.

Inclinaison. — De 9 h. 40 à 10 h. 10. Première aimantation : 55° 29′ 5″. Pôles renversés : 53° 0′ 12″. Inclinaison moyenne : 54° 14′ 38″.

Ambohimiadana (25 octobre 1905).

Station. — Installé à 20 mètres Ouest de l'église catholique, dans un champ. Argile rouge. Altitude : 1.433 mètres. Longitude : 45° 16′ 40″ Est de Paris. Latitude : 18° 43′ Sud. Baromètre : 646 mm. 1. Thermomètre : 24°.

L'azimut du lieu a été fixé par 10 pointés du soleil.

Déclinaison. — De 9 h. 8 à 9 h. 20. Méridien magnétique : 161° 37′. Méridien géographique : 173° 2′ 2″. Déclinaison : 11° 25′ 2″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 9 h. 23 à 9 h. 57. Déviation moyenne : 16° 0′ 59″. Durée d'une oscillation : 3s6722. Température : 24°,4 à 9 h. 23; 24°,9 à 9 h. 57. Composante horizontale : 0,22259.

Inclinaison. — De 16 h. 45 à 17 h. 20. Première aimantation : 54° 19′ 2″. Pôles renversés : 55° 14′ 35″. Inclinaison moyenne : 54° 46′ 48″.

Baka (26 octobre 1905).

Station. — Le tour d'horizon géodésique sur ce sommet ayant été exécuté, nous avons procédé à la détermination de la déclinaison et de la composante horizontale, au signal géodésique. Roches granitiques. Altitude : 1.622 mètres. Longitude : 45° 16′ 20″ Est de Paris. Latitude : 18° 40′ 50″ Sud. Baromètre : 633 mm. 7. Thermomètre : 20°.

Le méridien géographique résulte de 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 7 h. 18 à 7 h. 33. Méridien magnétique : 21° 31′ 14″. Méridien géographique : 30° 38′ 49″. Déclinaison : 9° 7′ 35″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 7 h. 33 à 8 h. 1. Déviation moyenne : 15° 59′ 45″. Durée d'une oscillation : 3s6538. Température : 20°,4 à 7 h. 33; 21° à 8 h. 1. Composante horizontale : 0,22385.

AMBATOMAHAHAMANINA (27 octobre 1905).

Station. — A 20 mètres Nord-Ouest de l'église catholique. Roches granitiques; argile rouge. Altitude : 1.428 mètres. Longitude : 45° 16′ 10″ Est de Paris. Latitude : 18° 46′ 50″ Sud. Baromètre : 649 mm. 7. Thermomètre : 20°.

Dix hauteurs du soleil ont fourni le méridien terrestre.

Déclinaison. — De 8 h. 3 à 8 h. 14. Méridien magnétique : 100° 55′ 48″. Méridien géographique : 109° 50′ 28″. Déclinaison : 8° 54′ 40″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 8 h. 14 à 9 h. 42. Déviation moyenne : 15° 21′ 48″. Durée d'une oscillation : 3s5922. Température : 20°,8 à 8 h. 14; 21°,4 à 8 h. 42. Composante horizontale : 0,23222.

Inclinaison. — De 8 h. 50 à 8 h. 27. Première aimantation : 52° 4′ 15″. Pôles renversés : 53° 41′ 40″. Inclinaison moyenne : 52° 57′ 57″.

ANJAHANARY (30 octobre 1905).

Station. — Montagne appelée aussi Ampanantonandoha; argile rougeâtre, quartz. Altitude : 1.362 mètres. Longitude : 45° 11′ 15″ Est de Paris. Latitude : 18° 53′ 40″ Sud. Baromètre : 645 millimètres. Thermomètre : 25°.

Azimut obtenu par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 15 h. 37 à 15 h. 47. Méridien magnétique : 238° 47′ 45″. Méridien géographique : 247° 55′ 23″. Déclinaison : 9° 7′ 38″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 47 à 16 h. 13. Déviation moyenne : 15° 44′ 22″. Durée d'une oscillation : 3s6450. Température : 24°,6 à 15 h. 47; 24° à 16 h. 13. Composante horizontale : 0,22617.

Inclinaison. — De 13 h. 45 à 14 h. 35. Première aimantation : 54° 44′ 25″. Pôles renversés : 53° 20′ 7″. Inclinaison moyenne : 54° 2′ 16″.

AMBODIFASANA (31 octobre 1905).

Station. — Placé sur un grand chemin, à 20 mètres Est du temple protestant du village. Argile jaunâtre, terrain d'alluvion. Altitude :

1.323 mètres. Longitude : 45° 9′ 40″ Est de Paris. Latitude Sud : 18° 48′ 10″. Baromètre : 657 mm. 1. Température : 26°.

Dix distances zénithales du soleil ont fixé la trace du méridien terrestre.

Déclinaison. — De 13 h. 58 à 14 h. 13. Méridien magnétique : 247° 22′ 48″. Méridien géographique : 256° 59′ 38″. Déclinaison : 9° 36′ 10″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 13 h. 22 à 13 h. 56. Déviation moyenne : 15° 38′ 37″. Durée d'une oscillation : 3s2885. Température : 26°,3 à 13 h. 22; 26°,8 à 14 h. 56. Composante horizontale : 0,22512.

Inclinaison. — De 12 h. 20 à 13 heures. Première aimantation : 53° 40′ 25″. Pôles renversés : 55° 8′ 55″. Inclinaison moyenne : 54° 24′ 40″.

Ambatofotsy (5 novembre 1905).

Station. — Placé l'instrument à 20 mètres Est de l'église catholique, près le grand chemin. Argile jaunâtre. Altitude : 1.337 mètres. Longitude : 45° 12′ 40″ Est de Paris. Latitude : 18° 49′ 20″ Sud. Baromètre : 652 mm. 9. Thermomètre : 23°,8.

Par dix hauteurs du soleil, on a obtenu le méridien local.

Déclinaison. — De 15 h. 38 à 15 h. 47. Méridien magnétique : 21° 24′ 48″. Méridien géographique : 30° 46′ 50″. Déclinaison : 9° 22′ 2″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 49 à 16 h. 15. Déviation moyenne : 15° 42′ 56″. Durée d'une oscillation : 3s6355. Température : 23°,1 à 15 h. 49; 22°,7 à 15 h. 15. Composante horizontale : 0,22692.

Inclinaison. — De 15 h. 30 à 16 heures. Première aimantation : 54° 33′ 10″. Pôles renversés : 54° 21′ 20″. Inclinaison moyenne : 54° 26′ 45″.

Ambohibemasoandro (6 novembre 1905).

Station. — Installé à 40 mètres Sud de l'église, près d'un fossé. Argile jaunâtre. Altitude : 1.447 mètres. Longitude : 45° 19′ 20″ Est de Paris. Latitude : 18° 42′ 45″ Sud. Baromètre : 645 mm. 3. Thermomètre : 23°.

Les nuages, la pluie et la grêle ne m'ont permis d'observer que 6 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 14 h. 35 à 14 h. 50. Méridien magnétique : 1° 6′ 7″. Méridien géographique : 10° 28′ 7″. Déclinaison : 9° 22′ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 28 à 15 h. 54. Déviation moyenne : 15° 48′ 7″. Durée d'une oscillation : 3s6755. Température : 22° à 15 h. 28 ; 21°,4 à 15 h. 54. Composante horizontale : 0,22385.

Inclinaison. — De 16 heures à 16 h. 25. Première aimantation : 54° 46′. Pôles renversés : 53° 26′ 32″. Inclinaison moyenne : 54° 6′ 16″.

Ambohitra (7 novembre 1905).

Station. — Nous nous sommes placés à 10 mètres Ouest de la dernière maison de ce village, sur un tertre. Argile jaunâtre. Altitude : 1.459 mètres. Longitude : 45° 22′ 30″ Est de Paris. Latitude Sud : 18° 43′ 10″. Baromètre : 645 mm. 7. Thermomètre : 27°.

Le méridien local a été fixé par 10 pointés du soleil.

Déclinaison. — De 14 h. 10 à 14 h. 19. Méridien magnétique : 243° 21′ 30″. Méridien géographique : 253° 38′ 24″. Déclinaison : 10° 16′ 54″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 14 h. 36 à 15 h. 2. Déviation moyenne : 15° 29′ 30″. Durée d'une oscillation : 3s6433. Température : 27° à 14 h. 36 : 26°,7 à 15 h. 2. Composante horizontale : 0,22797.

Inclinaison. — De 15 h. 30 à 16 heures. Première aimantation : 54° 11′ 30″. Pôles renversés : 52° 49′ 40″. Inclinaison moyenne : 53° 30′ 35″.

Antanetilava (9 novembre 1905).

Station. — L'instrument fut placé à 20 mètres Nord de l'école catholique, près d'un chemin. Argile jaunâtre. Altitude : 1.476 mètres. Longitude : 45° 19′ 15″ Est de Paris. Latitude : 18° 44′ 10″ Sud. Baromètre : 647 mm. 3. Thermomètre : 21°,2.

Dix pointés du soleil ont déterminé l'azimut.

Déclinaison. — De 9 h. 10 à 9 h. 22. Méridien magnétique : 112° 9′ 52″.

Méridien géographique : 122° 45′ 1″. Déclinaison : 10° 35′ 9″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 9 h. 40 à 10 h. 5. Déviation moyenne : 15° 39′ 33″. Durée d'une oscillation : 3s6466. Température : 22° à 9 h. 30; 22°,7 à 10 h. 5. Composante horizontale : 0,22663.

Inclinaison. — Note. — En aimantant l'aiguille n° 1 au début des opérations, l'un des aimants a glissé sur la face externe de l'aiguille n° 1 et a cassé net le pivot. J'ai employé l'aiguille n° 2 en bon état. De 11 h. 3 à 11 h. 30. Première aimantation : 54° 13′ 2″. Pôles renversés : 54° 2′ 35″. Inclinaison moyenne : 54° 7′ 48″.

MANAJARY (14 novembre 1905).

Station. — A 20 mètres Nord de l'église catholique. Argile jaunâtre. Altitude : 1.499 mètres. Longitude : 45° 19′ 53″ Est de Paris. Latitude : 18° 45′ 30″ Sud. Baromètre : 642 mm. 3. Thermomètre : 22°,3.

Douze hauteurs du soleil ont donné la trace du méridien local.

Déclinaison. — De 15 h. 30 à 15 h. 40. Méridien magnétique : 354° 35′ 7″. Méridien géographique : 365° 8′ 29″. Déclinaison : 10° 33′ 22″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 15 h. 41 à 16 h. 6. Déviation moyenne : 15° 47′ 52″. Durée d'une oscillation : 0s6494. Température : 22° à 15 h. 41; 21°,4 à 16 h. 6. Composante horizontale : 0,22548.

Inclinaison (aiguille n° 2). — De 11 h. 11 à 11 h. 40. Première aimantation : 54° 34′ 40″. Pôles renversés : 54° 10′ 32″. Inclinaison moyenne : 54° 32′ 36″.

AMBOHIDRANO (17 novembre 1905).

Station. — Nous nous sommes placés à 25 mètres Sud de l'église. Argile rouge. Altitude : 1.465 mètres. Longitude : 45° 17′ Est de Paris. Latitude : 18° 48′ Sud. Baromètre : 644 mm. 9. Thermomètre : 20°.

Dix hauteurs du soleil ont fixé la trace du méridien terrestre.

Déclinaison. — De 8 h. 30 à 8 h. 40. Méridien magnétique : 51° 44′ 38″. Méridien géographique : 61° 39′ 10″. Déclinaison : 9° 54′ 32″ Nord-Ouest.

Composante horizontale (16 novembre 1905). — De 8 h. 33 à 9 h. 1. Déviation moyenne : 15° 44′ 48″. Durée d'une oscillation : 0s6455.

Thermomètre : 21° à 8 h. 33; 21°,7 à 9 h. 1. Composante horizontale : 0,22608.

Inclinaison (16 novembre 1905). — De 7 h. 55 à 8 h. 35. Première aimantation : 54° 7′ 5″. Pôles renversés : 54° 4′ 52″. Inclinaison moyenne : 54° 5′ 58″.

AMBODIVONDROA (22 novembre 1905).

Station. — Installé à 20 mètres Ouest de l'église. Argile rouge. Altitude : 1.463 mètres. Longitude : 45° 22′ 50″ Est de Paris. Latitude : 18° 46′ 50″ Sud. Baromètre : 646 millimètres. Thermomètre : 20°,7.

Dix distances zénithales du soleil ont donné le méridien terrestre.

Déclinaison. — De 13 h. 30 à 13 h. 40. Méridien magnétique : 357° 12′ 48″. Méridien géographique : 366° 46′ 21″. Déclinaison : 9° 33′ 33″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 13 h. 40 à 14 h. 9. Déviation moyenne : 15° 12′ 0″. Durée d'une oscillation : 3s5961. Température : 22° à 13 h. 40; 22°,8 à 14 h. 9. Composante horizontale : 0,23317.

Inclinaison. — De 12 h. 50 à 13 h. 19. Première aimantation : 53° 40′. Pôles renversés : 53° 57′ 50″. Inclinaison moyenne : 53° 48′ 55″.

AMPIADINOMBALAHY (23 novembre 1905).

Station. — Placé à l'endroit même où j'ai exécuté un tour d'horizon géodésique, près d'un tombeau. Argile noirâtre mêlée d'humus; terrain mouvant, détrempé par les pluies; dans le voisinage, quelques pierres éruptives. Altitude : 1.463 mètres. Longitude : 45° 24′ 50″ Est de Paris. Latitude : 18° 45′ 10″ Sud. Baromètre : 642 mm. 5. Thermomètre : 18°,2.

Le méridien local a été obtenu d'après 8 observations du soleil.

Déclinaison. — De 9 h. 19 à 9 h. 33. Méridien magnétique : 93° 57′ 30″. Méridien géographique : 104° 13′. Déclinaison : 10° 15′ 30″ Nord-Ouest.

SOAMANANDRAY Nord-Est (24 novembre 1905).

Station. — Installé à 25 mètres Ouest de la plus belle maison du village, près le fossé. Argile rouge. Altitude : 1.391 mètres. Longitude : 45° 15′ 10″ Est de Paris. Latitude : 18° 51′ Sud. Baromètre : 650 mm. 1. Thermomètre : 20°,3.

Le méridien terrestre fut obtenu par 10 pointés du soleil.

Déclinaison. — De 14 h. 25 à 14 h. 52. Méridien magnétique : 111° 9′ 7″. Méridien géographique : 120° 59′ 47″. Déclinaison : 9° 50′ 40″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 14 h. 53 à 15 h. 48. Déviation moyenne : 15° 38′ 7″. Durée d'une oscillation : 3s6411. Température : 22°,1 à 14 h. 53, 21°,6 à 15 h. 48. Composante horizontale : 0,22214.

Inclinaison. — De 13 h. 40 à 14 h. 10. Première aimantation : 54° 1′ 35″. Pôles renversés : 53° 40 30″. Inclinaison moyenne : 53° 51′ 2″.

MAHARIJANO (27 novembre 1905).

Station. — Le tour d'horizon sur cette montagne terminé, nous en avons fixé la déclinaison. Argile noirâtre mêlée d'humus. Altitude : 1.584 mètres. Longitude : 45° 19′ Est de Paris. Latitude : 18° 49′ 30″ Sud. Baromètre : 639 mm. 1. Thermomètre : 23°,1.

La trace du méridien géographique fut obtenue par 12 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 8 h. 59 à 9 h. 10. Méridien magnétique : 254° 36′ 52″. Méridien géographique : 264° 1′ 56″. Déclinaison : 9° 25′ 4″ Nord-Ouest.

FIEFERANANA (27 novembre 1905).

Station. — Installé à 20 mètres Nord de l'église. Argile jaunâtre, mélangée de fer oxydulé; sable quartzeux. Altitude : 1.413 mètres. Longitude : 45° 16′ 54″ Est de Paris. Latitude : 18° 49′ 35″ Sud.

Les nuages ont couvert le ciel toute la soirée; impossible de prendre des hauteurs du soleil, ni de fixer la déclinaison.

Composante horizontale. — De 16 h. 36 à 17 h. 6. Déviation moyenne :

15° 38′ 37″. Durée d'une oscillation : 3s6527. Température : 21° à 16 h. 36, 20°,6 à 17 h. 6. Composante horizontale : 0,22637.

Inclinaison. — De 12 h. 12 à 12 h. 45. Première aimantation : 53° 58′ 30″. Pôles renversés : 53° 41′ 2″. Inclinaison moyenne : 53° 49′ 46″.

ALAROBIA (28 novembre 1905).

Même station que le 22 octobre 1903. Baromètre : 647 mm. 7. Thermomètre : 22°,2.

Nous avons fixé l'azimut du lieu par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 8 h. 58 à 9 h. 8. Méridien magnétique : 45° 2′ 26″. Méridien géographique : 54° 45′ 32″. Déclinaison : 9° 43′ 6″.

Composante horizontale. — De 9 h. 8 à 9 h. 35. Déviation moyenne : 15° 0′ 45″. Durée d'une oscillation : 3s5705. Température : 23°,3 à 9 h. 8; 23°,9 à 9 h. 35. Composante horizontale : 0,23627.

Inclinaison. — De 14 h. 25 à 15 heures. Première aimantation : 53° 6′ 7″. Pôles renversés : 53° 50′ 30″. Inclinaison moyenne : 53° 28′ 18″.

AMBATOMARANITRA (29 novembre 1905).

Station. — Le tour d'horizon géodésique sur cette montagne terminé, nous avons exécuté les expériences de la déclinaison. Impossible d'observer les deux autres éléments à cause de la violence du vent sur ce piton. Roche granitique; station au signal géodésique. Altitude : 1.666 mètres. Longitude : 45° 24′ 20″ Est de Paris. Latitude : 8° 53′ 19″ Sud. Baromètre : 630 mm. 4. Thermomètre : 16°,5.

On a obtenu le méridien local par 10 pointés du soleil.

Déclinaison. — De 7 h. 56 à 8 h. 11. Méridien magnétique : 120° 50′. Méridien géographique : 128° 38′ 8″. Déclinaison : 7° 48′ 8″ Nord-Ouest.

AMBOHIJAHANA (30 novembre 1905).

Station. — Au signal géodésique qui surmonte ce sommet. Roches granitiques. Altitude : 1.630 mètres. Longitude : 45° 18′ 50″ Est de Paris. Latitude : 18° 52′ 55″ Sud. Baromètre : 632 mm. 8. Thermomètre : 24°,3.

Dix hauteurs du soleil ont donné l'azimut.

Déclinaison. — De 6 h. 25 à 6 h. 40. Méridien magnétique : 30° 1′ 59″. Méridien géographique : 42° 26′. Déclinaison : 12° 24′ 1″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 7 h. 2 à 7 h. 33. Déviation moyenne : 15° 28′ 15″. Durée d'une oscillation : 3s6355. Température : 24°,3 à 7 h. 2; 24°,9 à 7 h. 33. Composante horizontale : 0,22866.

Discussion des résultats de 1905. — Les quarante-neuf stations magnétiques de 1905, disséminées sur un rayon d'environ 30 kilomètres à l'Ouest, au Nord et à l'Est de Tananarive, ont l'avantage de présenter des situations très diverses au triple point de vue topographique, orographique et géologique; aussi le champ magnétique de ce secteur semi-circulaire offre des résultats variés et intéressants que nous essaierons de discuter. Comparons d'abord les valeurs d'Alarobia après deux années d'intervalle nous signalerons ensuite les centres de fortes irrégularités, puis le point de moindre influence locale, enfin les régions à peu près exemptes de perturbations.

Les observations magnétiques faite à Alarobia les 22 octobre 1903 et 28 novembre 1905, fournissent les différences suivantes. En deux ans la déclinaison a diminué de 13′ 5″; l'intensité est plus faible de 0,00115 unités C. G. S.; l'inclinaison a augmenté de 5′ environ. A part ce dernier élément dont l'erreur n'est pas considérable, la variation annuelle du champ magnétique terrestre semble régulière.

Deux sommets granitiques voisins d'Alarobia, faisant partie de deux chaînes distinctes mais appartenant au même massif, Ambatomaranitra sur le versant Est, Ambohijahana sur le versant Ouest, donnent le premier une déclinaison minimum de 7° 48′ 8″, le second un maximum de 12° 24′ 1″, soit 4° 36′ de différence sur une distance de 8 kilomètres, largeur du massif en cet endroit.

Les stations intermédiaires de Maharidaza et d'Alarobia indiquent respectivement 9° 40′ 25″ et 9° 43′ 6″. En se basant sur ces quatre résultats régulièrement distribués au point de vue topographique, l'on peut présumer que le champ perturbateur dans ces parages augmente suivant la direction Est-Ouest.

La composante horizontale parvient à un maximum à Alarobia : 0,23627; la station voisine d'Ambohijahana (1 km. 400) indique une valeur plus faible 0,22866; celle de Maharidaza (3 km. 200) 0,22740. Comment expliquer cette différence d'intensité? Par l'effet combiné du sol et de la roche éruptive sous-jacente. Vraisemblablement, l'ossature du massif d'Amboniloha sur le flanc Ouest duquel se trouve Alarobia est constituée par du granite, si du moins l'on se base sur le piton rocheux d'Ambatovory qui émerge à proximité. D'autre part, l'argile de couleur ocre jaune, parsemée d'amas de sable quartzeux, suppose une forte teneur en fer. Ces deux causes combinées augmentent l'action perturbatrice très probablement. Au cours de cette campagne la valeur minimum observée de la composante horizontale 0,21951 se manifeste au village d'Ambohimiandry, distant de 2 km. 600 de la montagne Nosiravo. Là encore il n'est point facile d'assigner la cause qui altère la valeur de l'intensité magnétique. Les stations voisines d'Ambohitrimo 5 km. 200 à l'Ouest, d'Ambohinaorina 5 km. 800 à l'Est, fournissent deux résultats supérieurs, 0,22768 et 0,22678. Parmi les signes extérieurs justifiant l'anomalie, signalons l'argile jaunâtre de la région qui se distingue par sa richesse en composés ferreux abondamment répandus sur le sol. Dans l'expérience de la composante horizontale l'écart angulaire de l'aimant 16° 21′ indique qu'il est refoulé vers l'Ouest. On n'observe que 15° 55′ 44″ à Ambohitrimo et 15° 55′ 22″ à Ambohinaorina. De plus, le mouvement oscillatoire de l'aimant ralentit exceptionnellement à Ambohimiandra, 3^s6866; les deux stations d'Ambohitrimo et d'Ambohihaorina de même altitude, 1.297 mètres, donnent les valeurs de 3^s6088 et 3^s6222. La différence de niveau + 18 mètres avec Ambohimiandry ne peut justifier l'anomalie. D'après ces signes extérieurs unis aux résultats que fournissent les barreaux déviés et oscillant, nous serions portés à croire qu'un banc sous-jacent de roche contenant des oxydes de fer, ayant une direction Nord-Sud, existe à proximité, ou peut-être même traverse la station. Le Père Muthuon nous signale plusieurs bandes granitiques à 1.000 mètres Sud, coupant le massif gneissique de Nosiravo. Une autre preuve expérimentale qui corrobore

la présomption d'une couche d'oxyde de fer dans le sous-sol d'Ambohimiandra, est fournie par la boussole d'inclinaison. Dans les discussions antérieures nous avons établi cette remarque; les terrains ou les laves contenant une teneur considérable de fer à l'extérieur exercent une action attractive sur l'aiguille aimantée de l'inclinaison (Tsiafajavona, Soamahamanina, Rantoandro); sous cette force, l'aiguille tend à prendre une position verticale. Bien que les résultats de l'inclinaison à Ambohimiandra soit inférieurs à ceux des trois centres perturbateurs précédents, néanmoins la valeur de l'inclinaison en ce lieu, 55° 28′ 22″, est la plus forte de toutes celles obtenues en 1905. La station voisine d'Ambohitrimo n'indique que 54° 1′ 27″; celle d'Ambohinaorina 54° 2′ 54″, résultats identiques.

A ces quelques foyers de perturbations magnétiques, il convient d'en ajouter deux autres non moins importants faisant partie d'un même nœud orographique; Ambatomahamanina et Ambohivondroa. Le premier point est situé à l'Ouest du massif de séparation du bassin de la Mananara et l'une des sources de l'Amdromba; le second à l'Est de cette même chaîne. On remarque en ces deux endroits que la déclinaison se dirige vers le Nord principalement; Ambatomahamanina 8° 54′ 40″, Ambohivondroa 9° 33′ 33″. Les deux stations voisines Mananjary et Ampiadinombalahy indiquent la première 10° 33′ 22″, la seconde 10° 15′ 30″.

La composante horizontale présente des résultats élevés, Ambatomahamanina 0,23222, Ambodivondroa 0,23317; Mananjary marque seulement 0,22548 (aucune observation d'intensité n'a été faite à Ampiadinombalahy). La déviation moyenne de l'aimant dans la station occidentale égale 15° 21′ 48″; la durée d'une oscillation du barreau 3^s5922. Dans la station orientale, on observe un écart angulaire de 15° 12′, et une durée d'oscillation de 3^s5961. Au village intermédiaire de Mananjary, on constate une déviation de l'aimant un peu plus forte, 15° 47′ 52″ et un mouvement oscillatoire plus lent 3^s6494.

L'inclinaison en ces deux centres de perturbations suit une marche analogue aux deux autres éléments; les résultats sont faibles. Ainsi

on observe à l'Ambatomahamanina 52° 57′ 57″, à Ambodivondroa 53° 48′ 55″, tandis qu'à Mananjary, nous relevons 54° 22′ 36″.

Après avoir signalé la station soumise à des perturbations importantes dans notre relevé de 1905, il ne sera pas superflu d'étudier l'influence qu'exercent les massifs granitiques et les éléments ferrugineux qui les composent sur la déclinaison, la composante horizontale et l'inclinaison.

Nous analyserons les résultats obtenus en haut des sommets eux-mêmes, ensuite aux stations situées en contre-bas dans leur voisinage direct.

Parmi les levés de 1905, citons : Ambohijahana 12° 24′ 1″, Ankeribé 9° 57′ 50″, Fiakarana Nord-Ouest 9° 50′ 2″. Durant les années précédentes, Ambohipanompo 13° 51′, Ambatomanga 11° 17′, Merikasinina 10° 34′, Antanamalaza 10° 18′.

Les valeurs obtenues sur ces massifs sont en général supérieures à la normale. D'où l'on conclut que le champ magnétique en ces lieux a une tendance à prendre la direction Est-Nord-Est, Ouest-Sud-Ouest.

Les stations situées au pied de ces massifs ont au contraire une déclinaison faible. Andranovato 9° 37′, Mahitsy 8° 23′, Amberimanga 9° 21′, Ambohitrimo 9° 35′, Nandihizana 9° 35′, Ambohitraivo 9° 27′, Imerimandroso 9° 24′, Ambatofotsy 9° 22′, Ambodivondroa 9° 33′.

A part les valeurs fortes de la composante horizontale à Tananarive Observatoire et Ambohijahana, on ne constate dans les deux autres éléments magnétiques aucune perturbation sensible ni sur les sommets granitiques ni dans leur voisinage. Seule, la déclinaison sera affectée par le fer que contient la roche. Les stations situées sur les terrains marécageux semblent moins sujettes que les autres aux attractions locales. Dans le cas très probable où sur la couche alluvionnaire plus ou moins épaisse gisent des oxydes de fer, par suite de la distance, les anomalies s'atténuent puisque l'action d'une masse magnétique sur un aimant varie en raison inverse du cube de la distance. Toutefois, cette diminution de force attractive sur l'aiguille aimantée ne dépend pas seulement de la distance, mais encore de la nature de la masse perturbatrice. Cette

remarque aidera à comprendre les valeurs anormales constatées parfois même en plein terrain alluvionnaire.

Parmi les stations rangées sous cette dernière classe, citons Ambohinaorina dont la déclinaison égale 9° 29′ 56″, Fiakarana Ouest 9° 15′ 15″, Soavinimerina 9° 49′ 22″, Antanantanana 9° 34′ 17″, Soamandrakizay 10° 5′ 48″, Ambodifasana 9° 23′ 10″. Si l'on compare ces résultats (Soamandrakizay et Soavinimerina exceptés) avec ceux des stations granitiques, on conviendra qu'en terrain alluvionnaire la déclinaison a une valeur plus faible.

La composante horizontale est de 0,22618 à Ambohinaorina, 0,22568 à Fiakarana Ouest, 0,22372 à Soavinimerina, 2,2579 à Antanantanana, 0,22684 à Soamandrakizay, 0,22512 à Ambodifasana. Ces résultats comparés avec ceux de Tananarive Observatoire 0,22949, indiqueraient encore que les valeurs de la composante horizontale en plaine sont inférieures à celles des sommets.

A Ambohinaorina, l'inclinaison égale 54° 2′ 54″, à Fiakarana Ouest 54° 10′ 57″, à Soavinimerina 54° 26′ 37″, à Antanantanana 53° 44′ 57″, à Soamandrakizay 53° 57′ 1″, à Ambodifasana 54° 24′ 40″. Or, Tananarive observe 54° 4′. Puisque les résultats de l'inclinaison ne présentent rien de précis, nous reprendrons l'étude de cette particularité dans la discussion des observations de 1906.

Ambohipeno (1er octobre 1906).

Station. — Instrument placé à 30 mètres Sud de l'église catholique. Argile rouge contenant du fer oxydulé. Altitude : 1.374 mètres. Longitude : 45° 14′ Est de Paris. Latitude : 18° 55′ 22″ Sud. Baromètre : 653 mm. 6. Thermomètre : 16°.

Dix hauteurs du soleil ont fixé l'azimut du lieu.

Déclinaison. — De 8 h. 27 à 8 h. 40. Méridien magnétique : 235° 55′ 56″. Méridien géographique : 244° 59′ 34″. Déclinaison : 9° 3′ 38″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 8 h. 54 à 9 h. 5. Déviation moyenne : 15° 53′ 44″. Durée d'une oscillation : 3s6683. Température : 17°,2 à 8 h. 54; 17°,9 à 8 h. 40. Composante horizontale : 0,22365.

Inclinaison. — De 9 h. 40 à 10 h. 17. Première aimantation : 54° 54′ 32″. Pôles renversés : 54° 58′ 45″. Inclinaison moyenne : 54° 56′ 38″.

AMBATOROKA (1er octobre 1906).

Station. — Installé à 3 mètres Sud d'un signal topographique. Roches granitiques. Argile rouge. Altitude : 1.358 mètres. Longitude : 45° 10′ 50″ Est de Paris. Latitude : 18° 55′ 13″. Baromètre. 653 mm. 2. Thermomètre : 24°,2.

La trace du méridien terrestre a été fixée par 8 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 15 h. 17 à 15 h. 34. Méridien magnétique : 71° 46′ 15″. Méridien géographique : 81° 40′ 58″. Déclinaison : 9° 54′ 43″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 14 h. 49 à 15 h. 16. Déviation moyenne : 16° 4′ 52″. Durée d'une oscillation : 3s6900. Température : 25° à 14 h. 49, 24°,4 à 15 h. 16. Composante horizontale : 0,22108.

Inclinaison. — De 14 heures à 14 h. 40. Première aimantation : 56° 6′ 40″. Pôles renversés : 56°. Inclinaison moyenne : 56° 3′ 20″.

MAHATSINJO (2 octobre 1906).

Station. — Sur le grand chemin d'Alasora, à 30 mètres Nord du village. Argile jaunâtre, granite, fer oxydulé. Altitude : 1.329 mètres. Longitude : 45° 13′ 10″ Est de Paris. Latitude : 18° 56′ 40″ Sud. Baromètre : 658 millimètres. Thermomètre : 16°.

Par 10 distances zénithales du soleil, nous avons déterminé le méridien géographique.

Déclinaison. — De 8 h. 55 à 9 h. 9. Méridien magnétique : 61° 23′ 37″. Méridien géographique : 71° 17′ 12″. Déclinaison : 9° 53′ 35″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 9 h. 9 à 9 h. 38. Déviation moyenne : 15° 50′ 52″. Durée d'une oscillation : 3s6629. Température : 18° à 9 h. 9; 18°,8 à 9 h. 38. Composante horizontale : 0,22431.

Inclinaison. — De 9 h. 46 à 10 h. 20. Première aimantation : 52° 58′ 35″. Pôles renversés : 53° 8′. Inclinaison moyenne : 53° 3′ 17″.

Alasora (2 octobre 1906).

Station. — Installé à 20 mètres Sud-Est de l'église catholique. Argile rouge mêlée de fer oxydulé. Gneiss chargé de hornblende et d'amphibole (Père Muthuon). Altitude : 1.324 mètres. Longitude : 45° 12′ 35″ Est de Paris. Latitude : 18° 56′ 55″ Sud. Baromètre : 655 mm. 8. Thermomètre : 21°,3.

Dix pointés du soleil ont fourni la trace du méridien local.

Déclinaison. — De 13 h. 28 à 14 h. 40. Méridien magnétique : 354° 10′ 27″. Méridien géographique : 362° 22′ 14″. Déclinaison : 8° 11′ 47″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 12 h. 58 à 13 h. 27. Déviation moyenne : 16° 0′ 52″. Durée d'une oscillation : 3^s7094. Température : 22° à 12 h. 58; 22°,7 à 13 h. 27. Composante horizontale : 0,22037.

Inclinaison. — De 12 h. 10 à 12 h. 50. Première aimantation : 54° 40′ 52″. Pôles renversés : 54° 49′ 27″. Inclinaison moyenne : 54° 45′ 9″.

Soanierana (3 octobre 1906).

Station. — Instrument placé à 60 mètres Est des dernières maisons, en contrebas de la falaise de Soanierana, 10 mètres Sud de la route circulaire; argile rougeâtre; au Nord roche gneissique d'Ambohipotsy. Altitude : 1.283 mètres. Longitude : 45° 9′ 45″ Est de Paris. Latitude : 18° 56′ 35″ Sud. Baromètre : 661 mm. 4. Thermomètre : 17°,2.

Méridien local obtenu par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 7 h. 25 à 7 h. 40. Méridien magnétique : 79° 12′ 56″. Méridien géographique : 84° 11′ 49″. Déclinaison : 4° 58′ 53″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 7 h. 49 à 8 h. 22. Déviation moyenne : 15° 15′ 41″. Durée d'une oscillation : 3^s6094. Température : 18° à 7 h. 49; 18°,7 à 8 h. 22. Composante horizontale : 0,23185.

Inclinaison. — De 12 h. 42 à 13 h. 20. Première aimantation : 50° 57′ 50″. Pôles renversés : 50° 59′ 45″. Inclinaison moyenne : 50° 58′ 47″.

Antanjombato (3 octobre 1906).

Station. — Placé à 40 mètres Sud de l'église catholique, à l'angle Sud-Ouest de l'enclos de la Mission catholique. Argile rouge. Alignements granitiques (Père Muthuon). Altitude : 1.278 mètres. Longitude : 45° 10′ 10″ Est de Paris. Latitude : 18° 57′ 34″ Sud. Baromètre : 660 mm. 7. Thermomètre : 19°.

Dix pointés du soleil ont donné le méridien géographique.

Déclinaison. — De 9 h. 36 à 9 h. 48. Méridien magnétique : 212° 54′ 11″. Méridien géographique : 221° 43′ 31″. Déclinaison : 8° 49′ 20″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 9 h. 49 à 10 h. 15. Déviation moyenne : 15° 56′ 45″. Durée d'une oscillation : $3^{s}6222$. Température : 20° à 9 h. 49, 20°,8 à 10 h. 15. Composante horizontale : 0,22615.

Inclinaison. — De 10 h. 23 à 10 h. 58. Première aimantation : 54° 53′ 42″. Pôles renversés : 54° 45′ 35″. Inclinaison moyenne : 54° 49′ 38″.

Tananarive, Ouest d'Ambohijanahary, Fort Voyron (4 octobre 1906).

Station. — Installé à 5 mètres Est de l'embranchement du chemin de fer futur, dans une rizière desséchée à sol consistant. Terrain d'alluvion marne et tourbe. Altitude : 1.283 mètres. Longitude : 45° 9′ 30″ Est de Paris. Latitude : 18° 55′ 19″ Sud. Baromètre : 660 mm. 8. Thermomètre : 14°,4.

On a obtenu l'azimut par 10 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 6 h. 59 à 7 h. 24. Méridien magnétique : 131° 41′ 3″. Méridien géographique : 141° 12′ 40″. Déclinaison : 9° 31′ 37″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 7 h. 25 à 7 h. 59. Déviation moyenne : 15° 32′ 33″. Durée d'une oscillation : $3^{s}6261$. Température : 16° à 7 h. 25; 16°,8 à 7 h. 59. Composante horizontale : 0,22874.

Inclinaison. — De 12 h. 5 à 12 h. 40. Première aimantation : 53° 41′ 57″. Pôles renversés : 53° 21′ 40″. Inclinaison moyenne : 53° 31′ 48″.

NOSIZATO (4 octobre 1906).

Station. — Instrument placé à 50 mètres Sud-Ouest du clocher de l'église catholique. Argile noirâtre; gneiss; hornblende granitique. Altitude : 1.294 mètres. Longitude : 45° 8′ 15″ Est de Paris. Latitude : 18° 56′ 24″ Sud. Baromètre : 659 mm. 8. Thermomètre : 17°.

Déclinaison. — De 9 h. 1 à 9 h. 28. Méridien magnétique : 329° 31′ 14″. Méridien géographique : 339° 13′ 45″. Déclinaison : 9° 42′ 4″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 9 h. 29 à 9 h. 57. Déviation moyenne : 15° 37′ 52″. Durée d'une oscillation : 3s6533. Température : 19° à 9 h. 29; 19°,7 à 9 h. 57. Composante horizontale : 0,22641.

Inclinaison. — De 10 h. 6 à 10 h. 35. Première aimantation : 54° 20′ 30″. Pôles renversés : 54° 33′ 7″. Inclinaison moyenne : 54° 26′ 48″.

ANDRALANITRA (5 octobre 1906).

Station. — Installé à 20 mètres Est d'une maison, dans un champ. Argile rouge; dans le voisinage, roches granitiques. Altitude : 1.316 mètres. Longitude : 45° 12′ 40″ Est de Paris. Latitude : 18° 54′ 12″ Sud. Baromètre : 658 millimètres. Thermomètre : 18°,1.

Dix hauteurs du soleil ont donné l'azimut du lieu.

Inclinaison. — De 8 h. 13 à 8 h. 25. Méridien magnétique : 192° 39′ 52″. Méridien géographique : 202° 16′ 25″. Déclinaison : 9° 36′ 33″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 8 h. 26 à 9 h. 11. Déviation moyenne : 15° 51′. Durée d'une oscillation : 3s6644. Température : 20° à 8 h. 26; 20°,7 à 9 h. 11. Composante horizontale : 0,22420.

Inclinaison. — De 9 h. 18 à 9 h. 45. Première aimantation : 54° 42′ 22″. Pôles renversés : 54° 39′ 15″. Inclinaison moyenne : 54° 40′ 48″.

SOAMANANDRARINA (5 octobre 1906).

Station. — A 30 mètres Ouest du clocher de l'église catholique, près du fossé du village. Argile rouge. Altitude : 1.323 mètres. Longitude : 45° 12′ 20″ Est de Paris. Latitude : 18° 53′ 53″ Sud. Baromètre : 658 mm. 2. Thermomètre : 17°,7.

A cause des nuages et de la pluie, les hauteurs du soleil, au nombre de 10, n'ont été prises que le 9 octobre 1906, avec une deuxième observation de déclinaison. Point de repère les 5 et 9 : paratonnerre du temple d'Ambohibé.

Déclinaison, 5 octobre 1906. — De 12 h. 25 à 12 h. 38. Méridien magnétique : 119° 38′ 33″. Méridien géographique : 129° 14′ 52″. Déclinaison : 9° 36′ 19″ Nord-Ouest.

9 octobre 1906. — De 8 h. 42 à 9 h. 5. Méridien magnétique : 184° 33′ 18″. Méridien géographique : 194° 8′ 22″. Déclinaison : 9° 35′ 4″ Nord-Ouest.

Composante horizontale, 5 octobre 1906. — De 11 h. 53 à 12 h. 24. Déviation moyenne : 15° 39′ 56″. Durée d'une oscillation : 3^s6094. Température : 22° à 11 h. 53; 22°,6 à 12 h. 24. Composante horizontale : 0,22697.

Inclinaison. — De 11 h. 15 à 11 h. 45. Première aimantation : 53° 54′ 5″. Pôles renversés : 15° 0′ 40″. Inclinaison moyenne : 53° 57′ 22″.

ANDOHATAPENAKA (8 octobre 1906).

Station. — Sur la digue de la rivière l'Ikopa, à 100 mètres des dernières maisons du village. Marne, humus, terrain d'alluvion. Altitude : 1.287 mètres. Longitude : 45° 8′ 30″ Est de Paris. Latitude : 18° 53′ 57″ Sud. Baromètre : 662 millimètres. Thermomètre : 15°,4.

Méridien géographique obtenu par 10 pointés du soleil.

Déclinaison. — De 7 h. 23 à 7 h. 34. Méridien magnétique : 118° 26′. Méridien géographique : 127° 57′ 23″. Déclinaison : 9° 31′ 23″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 7 h. 35 à 8 h. 6. Déviation moyenne : 15° 50′ 56″. Durée d'une oscillation : 3^s6694. Température : 18° à 7 h. 35; 18°,8 à 8 h. 6. Composante horizontale : 0,22390.

Inclinaison. — De 8 h. 20 à 8 h. 50. Première aimantation : 54° 22′ 35″. Pôles renversés : 54° 6′ 17″. Inclinaison moyenne : 54° 14′ 26″.

ISOTRY (8 octobre 1906).

Station. — Dans l'enclos du tombeau de l'ex-premier Ministre, 60 mètres Sud-Ouest du tombeau. Argile rouge, hornblende granitique. Altitude : 1.309 mètres. Longitude : 45° 9′ 32″ Est de Paris. Latitude : 18° 54′ 29″ Sud. Baromètre : 660 millimètres. Thermomètre : 20°,2.

Le méridien géographique a été fixé par 10 distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 9 h. 53 à 10 h. 2. Méridien magnétique : 322° 30′ 33″. Méridien géographique : 333° 34′ 39″. Déclinaison : 11° 4′ 6″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 10 h. 2 à 10 h. 30. Déviation moyenne : 15° 49′ 49″. Durée d'une oscillation : 3^{s}6700. Température : 21° à 10 h. 2; 21°,7 à 10 h. 30. Composante horizontale : 0,22397.

Inclinaison. — De 10 h. 40 à 11 h. 10. Première aimantation : 54° 46′ 30″. Pôles renversés : 54° 46′ 2″. Inclinaison moyenne : 54° 46′ 16″.

ANKADIFOTSY (8 octobre 1906).

Station. — Instrument placé à 50 mètres Sud-Est du temple protestant, dans un champ. Argile rouge. Altitude : 1.305 mètres. Longitude : 45° 10′ 10″ Est de Paris. Latitude : 18° 53′ 55″ Sud. Baromètre : 659 mm. 4. Thermomètre : 14°.

Le ciel s'étant couvert de nuages toute la soirée, je n'ai pu observer 10 hauteurs du soleil que le lendemain matin 9, afin d'avoir le méridien terrestre. Point de repère : Drapeau du Palais, les 8 et 9 octobre.

Déclinaison. — De 14 h. 12 à 14 h. 25. Méridien magnétique : 349° 24′ 16″. Déclinaison : 10° 38′ 29″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 13 h. 46 à 14 h. 11. Déviation moyenne : 15° 28′ 3″. Durée d'une oscillation : 3^{s}6344. Température : 22° à 13 h. 46; 22°,8 à 14 h. 11. Composante horizontale : 0,22876.

Inclinaison. — De 13 h. 10 à 14 h. 40. Première aimantation : 54° 5′ 37″. Pôles renversés : 53° 55′ 32″. Inclinaison moyenne : 54° 0′ 34″.

Faravohitra, Tananarive (9 et 11 octobre 1906).

Station. — Instrument placé à 30 mètres Est de l'église catholique. Argile jaunâtre, sable quartzeux. Altitude : 1.332 mètres. Longitude : 45° 10′ 15″ Est de Paris. Latitude : 18° 54′ 15″ Sud. Baromètre : 656 mm. 5. Thermomètre : 16°,8.

Azimut fixé par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison, 11 octobre 1906. — De 7 h. 3 à 7 h. 11. Méridien magnétique : 284° 17′ 41″. Méridien géographique : 293° 50′ 44″. Déclinaison : 9° 33′ 3″ Nord-Ouest.

Composante horizontale, 9 octobre 1906. — De 10 h. 53 à 11 h. 19. Déviation moyenne : 15° 39′ 18″. Durée d'une oscillation : 3s6522. Température : 20° à 10 h. 53; 20°,8 à 11 h. 19. Composante horizontale : 0,22631.

Inclinaison. — De 9 h. 20 à 9 h. 35. Première aimantation : 54° 4′. Pôles renversés : 53° 44′ 37″. Inclinaison moyenne : 53° 54′ 18″.

Ambatobé (9 octobre 1906).

Station. — A 40 mètres Est de la dernière maison Sud du village, sous des manguiers. Argile rouge; à 800 mètres Est massif granitique d'Analamahitsy. Altitude : 1.314 mètres. Longitude : 45° 11′ 10″ Est de Paris; Latitude : 18° 52′ 39″ Sud. Baromètre : 657 millimètres. Thermomètre : 25°.

Dix hauteurs du soleil ont fourni la trace du méridien terrestre.

Déclinaison. — De 14 h. 30 à 14 h. 40. Méridien magnétique : 85° 23′ 26″. Méridien géographique : 95° 15′ 34″. Déclinaison : 9° 52′ 28″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 13 h. 47 à 14 h. 13. Déviation moyenne : 15° 55′ 18″. Durée d'une oscillation : 3s6961. Température : 25°,2 à 13 h. 47; 26° à 14 h. 13. Composante horizontale : 0,22179.

Inclinaison. — De 13 h. 10 à 13 h. 40. Première aimantation : 54° 41′ 10″. Pôles renversés : 54° 27′. Inclinaison moyenne : 54° 34′ 5″.

ANDOHALO, Tananarive (11 octobre 1906).

Station. — Allée Sud-Ouest du square; à 30 mètres Nord de la poste; 50 mètres Ouest-Sud-Ouest du kiosque. Humus, terrain de transport. Altitude : 1.388 mètres. Longitude : 45° 10′ 20″ Est de Paris. Latitude : 18° 55′ 3″ Sud. Baromètre : 652 millimètres. Thermomètre : 17°.

La trace du méridien local a été fixée par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 8 h. 4 à 8 h. 15. Méridien magnétique : 282° 57′ 30″. Méridien géographique : 292° 19′ 53″. Déclinaison : 9° 22′ 23″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 8 h. 15 à 8 h. 41. Déviation moyenne : 15° 38′ 1″. Durée d'une oscillation : 3s6577. Température : 18° à 8 h. 15, 18°,8 à 8 h. 41. Composante horizontale : 0,22613.

Inclinaison. — De 12 h. à 12 h. 25. Première aimantation : 54° 12′ 47″. Pôles renversés : 54° 21′ 45″. Inclinaison moyenne : 54° 17′ 16″.

AMBOHIPOTSY, Tananarive (11 octobre 1906).

Station. — A 60 mètres Sud du temple protestant; près d'un banc en pierre. Terrain de transport; aux environs, granite et gneiss décomposés. Altitude : 1.423 mètres. Longitude : 45° 19′ 20″ Est de Paris. Latitude : 18° 55′ 51″ Sud. Baromètre : 650 mm. 1. Thermomètre : 20°,8.

Dix pointés du soleil ont donné l'azimut du lieu.

Déclinaison. — De 9 h. 13 à 9 h. 25. Méridien magnétique : 98° 22′ 18″. Méridien géographique : 109° 28′ 45″. Déclinaison : 11° 6′ 27″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 9 h. 34 à 9 h. 59. Déviation moyenne : 16° 14′ 15″. Durée d'une oscillation : 3s7238. Température : 22° à 9 h. 34, 22°,7 à 9 h. 59. Composante horizontale : 0,21805.

Inclinaison. — De 10 h. 12 à 10 h. 35. Première aimantation : 55° 13′ 22″. Pôles renversés : 54° 59′ 45″. Inclinaison moyenne : 55° 6′ 33″.

Andraisora (11 octobre 1906).

Station. — Intallé à 100 mètres Est de la dernière maison du village, sur l'ancien chemin de Tamatave; à 300 mètres, massif gneissique de l'Ankatso. Argile rougeâtre mêlée de fer oxydulé; sable quartzeux. Altitude : 1.318 mètres. Longitude : 45° 12′ Est de Paris. Latitude : 18° 54′ 13″ Sud. Baromètre : 654 mm. 5. Thermomètre : 25°.

Le méridien du lieu a été fixé d'après 6 pointés du soleil.

Déclinaison. — De 14 h. 49 à 14 h. 57. Méridien magnétique : 236° 12′ 59″. Méridien géographique : 245° 17′ 58″. Déclinaison : 9° 4′ 59″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 14 h. 8 à 14 h. 49. Déviation moyenne : 15° 43′ 56″. Durée d'une oscillation : 3s6677. Température : 26° à 14 h. 8 26°,4 à 14 h. 49. Composante horizontale : 0,22224.

Inclinaison. — De 13 h. 30 à 14 h. Première aimantation : 54° 4′ 50″. Pôles renversés : 54° 14′ 37″. Inclinaison moyenne : 54° 9′ 43″.

Mahazoarivo (12 octobre 1906).

Station. — Pointe Sud de la falaise, en contre-bas près de l'Ikopa, emplacement de la future voie ferrée. Argile rouge, terrain d'alluvion, sable quartzeux. Altitude : 1.259 mètres. Longitude : 45° 11′ 10″ Est de Paris. Latitude : 18° 56′ 41″ Sud. Baromètre : 660 mm. 9. Thermomètre : 18°,2.

Par 10 pointés du soleil, nous avons obtenu le méridien local.

Déclinaison. — De 7 h. 35 à 7 h. 45. Méridien magnétique : 116° 2′ 11″. Méridien géographique : 127° 32′ 12″. Déclinaison : 11° 30′ 1″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 7 h. 56 à 8 h. 26. Déviation moyenne : 15° 43′ 52″. Durée d'une oscillation : 3s6655. Température : 19° à 7 h. 56; 19°,7 à 8 h. 26. Composante horizontale : 0,22495.

Inclinaison. — De 9 h. 10 à 9 h. 35. Première aimantation : 54° 33′ 12″. Pôles renversés : 54° 25′ 20″. Inclinaison moyenne : 54° 29′ 16″.

Ambohipo (12 octobre 1906).

Station. — Au même emplacement qu'en mai 1893, c'est-à-dire au croisement des allées Nord-Est du collège. Argile rouge. Altitude : 1.298 mètres. Longitude : 45° 12′ 10″ Est de Paris. Latitude : 18° 55′ 27″ Sud. Baromètre : 657 mm. 8. Thermomètre : 23°.

Par 10 distances zénithales du soleil le méridien géographique fut fixé.

Déclinaison. — De 13 h. 50 à 14 h. 7. Méridien magnétique : 215° 43′ 14″. Méridien géographique : 223° 4′ 19″. Déclinaison : 9° 21′ 5″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 13 h. 20 à 13 h. 49. Déviation moyenne : 15° 45′ 33″. Durée d'une oscillation : 3s6922. Température : 22°,4 à 13 h. 20; 22°,9 à 13 h. 49. Composante horizontale : 0,22314.

Inclinaison. — De 12 h. 40 à 13 h. 17. Première aimantation : 53° 56′ 2″. Pôles renversés : 53° 53′ 15″. Inclinaison moyenne : 53° 54′ 38″.

Discussion des résultats de 1906. — En rapprochant les trois déclinaisons obtenues dès 1893, sur divers points du sommet de l'Observatoire, avec les résultats assez disparates constatés dans les sols d'origine volcanique, granitique ou ferrugineuse de Madagascar, l'on pouvait à bon droit se demander si le nouveau champ magnétique de l'observatoire spécialement choisi en 1901 correspondait à une station de catégorie régulière ou irrégulière.

D'autre part la distance qui séparait Tananarive d'un champ reconnu normal était trop considérable pour établir une juste comparaison entre les deux termes. Afin de juger de la véritable valeur des trois éléments observés sur le nouveau pilier de 1901, afin de vérifier par la même occasion l'exactitude de quelques remarques faites en 1905, nous entreprîmes au mois d'octobre 1906 une dernière excursion à Tananarive même et ses environs. Les mailles du réseau magnétique comprenant 20 stations se trouvaient encore plus serrées que par le passé.

D'heureuses circonstances favorisèrent nos recherches, comme on le verra au cours de cette discussion. Avant d'analyser les résultats il importe de décrire les situations topographiques de la capitale mal-

gache et de son voisinage, de préciser ensuite la constitution géologique, la nature des terrains et des roches, enfin de prévenir le lecteur qu'à cette époque le sous-sol de la ville ne contenait aucune canalisation d'eau ni l'espace aérien de fils électriques ou de trolleys.

On sait que le massif à croupe assez étroite de Tananarive présente une direction Sud-Nord dans la plus grande hauteur et qu'il se divise ensuite en deux branches qui descendent graduellement dans la plaine en s'infléchissant vers l'Ouest. D'après M. Baron, missionnaire anglais, les éléments constitutifs de la roche qui forme le massif de la ville seraient le feldspath, le quartz, la hornblende et le mica; les éléments accessoires seraient la magnétite, les pyrites de fer, l'apatite, le sphène, l'augite et le zircon.

Nos cinq stations choisies sur la croupe et autant que possible loin des habitations, afin d'éviter les influences attractives et locales, sont ainsi échelonnées : la première sur la pointe terminale Sud du massif granitique au quartier d'Ambohipotsy; la seconde à 1 km. 500 Nord au point de bifurcation sur la grande place d'Andohalo; la troisième au quartier de Faravohitra, vers le milieu de la plus longue branche; à 1 km. 200 Nord de la station précédente; la quatrième à Ankadifotsy, 1 km. 200 extrémité Nord de la ville; la cinquième à Isotry, 1 km. 600 d'Andohalo, extrémité de la deuxième et plus courte branche.

A l'Est de Tananarive s'étale une basse chaîne de collines d'argile rouge, granitique en son point culminant, Ambatoroka; elle se prolonge vers le Sud-Sud-Est jusqu'au talus escarpé de Mahazoarivo. La rivière l'Ikopa qui baigne les pieds de cette falaise, la délimite vers le Sud d'une manière brusque.

Une deuxième ligne de faîte allongée et élevée partant non loin d'Ambatobé, prend encore la direction Nord-Sud, s'élève graduellement jusqu'à l'Observatoire, puis descend en pente douce vers la rivière.

Un troisième massif gneissique, traversé obliquement de bandes de granit (P. Muthuon), l'Ankatso, se développe parallèlement au précédent.

Les stations d'Andraisora et d'Ambohipo sont situées dans la vallée formée par la deuxième et la troisième chaîne; la première avoisine la

masse rocheuse; la seconde distante de 700 mètres en est séparée par un lac.

Signalons enfin Ambohipeno s'élevant sur une quatrième chaîne d'argile rouge parallèle aux précédentes. Les deux stations de Soamanandrarina et Nord d'Andralanitra se trouvent entre la troisième et la quatrième lignes de hauteurs.

Les deux villages de Mahatsinjo et d'Alasora sont placés sur la dernière et la plus basse ondulation de terrain qui constitue le grand massif du Sud au Sud-Est décrit dans la discussion des résultats de 1903.

Au Sud de Tananarive, Soanierana occupe l'extrémité méridionale d'une ramification secondaire qui se détache de la ville. Ce quartier est éloigné de 1 km. 500 de celui d'Ambohipotsy.

Antanjombato avoisine la grande vallée de l'Ikopa dont les eaux ont découvert des affleurements de roches granitiques; ce village termine une succession de légers accidents de terrain.

A l'Ouest de la capitale malgache, se déroule la vaste plaine alluvionnaire de Betsimitatatra convertie en rizières. Les deux stations d'Andohatapenaka et Ouest d'Ambohijanahary s'élèvent de 1 à 2 mètres au-dessus du terrain tourbeux.

Nosizato forme un îlot émergeant d'une dizaine de mètres au-dessus de la plaine Sud-Ouest à proximité de la rivière.

Les éléments qui constituent son sol ont à peu près la même composition que celui de Tananarive. On remarque dans la tranchée de la route voisine de la station des roches granitiques. Par cette description sommaire des lieux, par l'analyse de leurs terrains, le lecteur se rendra compte de la situation des centres perturbateurs aussi bien que des stations normales; de plus il jugera en toute connaissance de cause quel degré de régularité présente le champ magnétique actuel de l'Observatoire.

Comparons tout d'abord les résultats obtenus à Ambohipo après treize années d'intervalle.

Le 18 mai 1893, nous trouvâmes une déclinaison de 11° 59′ 3″ Nord-Ouest. Le 12 octobre 1906, en opérant au même endroit, 9° 21′ 5″ Nord-

Ouest. La déviation annuelle égalerait donc 12′ 9″ en moyenne, valeur déjà constatée pendant les années 1905 et 1906 à l'Observatoire éloigné de 2 kilomètres environ. Cette concordance fournit déjà une première preuve de la régularité du champ de la boussole sur le nouveau pilier érigé en 1901.

Durant les opérations de 1905, nous avions été frappés du fait suivant : sur certaines stations granitiques, la déclinaison surpasse généralement la valeur moyenne. Les quatre résultats obtenus à Ambohipotsy, Ambatoroka, Isotry, Ambatobé confirment l'exactitude de cette remarque. On observe 11° 6′ 27″ dans le premier lieu, 9° 54′ 43″ dans le second, 11° 4′ 5″ dans le troisième, 9° 52′ 28″ dans le quatrième. La composante horizontale présente une augmentation sensible d'intensité magnétique. Ainsi la déviation de l'aimant à Ambohipotsy acquiert une valeur maximum de 16° 14′ 15″. Les oscillations pendulaires du barreau aimanté manifestent un retard prononcé, 3^s7238. Sous cette double influence, la composante horizontale s'abaisse à 0,21805. Les mêmes effets se reproduisent sur les roches d'Ambatoroka. Le barreau dévie de 16° 4′ 52″; puis, son oscillation dans la direction du méridien magnétique égale une durée de 3^s6900. Les calculs de la composante donnent pour ce lieu : 0,22108. A Isotry, situé au bas de la ville, le barreau aimanté dévie d'un angle normal de 15° 49′ 49″; mais, par contre, il oscille avec lenteur, 3^s6700; on obtient dès lors une valeur de la composante un peu plus forte que dans les autres stations 0,22397. La déviation moyenne à Ambatobé s'élève à 15° 55′ 18″; l'oscillation à 3^s6961. Faible composante horizontale 0,22179. L'angle de l'inclinaison surpasse la moyenne : 55° 6′ 33″ à Ambohipotsy, 56° 3′ 20″ à Ambatoroka, 54° 46′ 16″ à Isotry, 54° 34′ 5″ à Ambatobé.

D'après ces faits corroborés par plusieurs autres, l'on peut tirer une première conclusion. Sur certains sommets granitiques : *a*) la boussole de déclinaison s'écarte plus que d'ordinaire du méridien géographique et par suite le courant terrestre modifié tend à prendre la direction d'Est-Nord-Est à Ouest-Sud-Ouest; *b*) la force qui ramène l'aiguille aimantée vers le méridien vrai augmente d'intensité; elle semble ajouter

un champ magnétique propre des roches au champ terrestre lui-même; *c*) l'aiguille d'inclinaison se rapproche de la verticale, probablement sous l'effet de l'attraction de cette masse et de ses éléments ferrugineux.

Les stations situées au pied des massifs granitiques présentent : *a*) une déclinaison qui se rapproche du méridien géographique. Citons Soanierana : 4° 58′ 53″, Andraisora 9° 4′ 59″, Ambohipo 9° 21′ 5″, Andohalo, dominé par les roches de la haute ville, 9° 22′ 33″; *b*) à Soanierana, le barreau aimanté dévie relativement peu, 15° 15′ 41″; son mouvement pendulaire s'accélère 3ˢ23185. Aussi la composante horizontale passe par une valeur maximum 0,23185. Cette force devient normale à Andraisora 0,22224 ainsi qu'à Ambohipo 0,22314, forte à Andohalo 0,22612; *c*) l'inclinaison est minimum à Soanierana 50° 58′ 47″, reste régulière à Andraisora 54° 9′ 43″, faiblit à Ambohipo 53° 54′ 38″, s'élève à Andohalo 54° 17′ 16″.

Deuxième conclusion. — *a*) Dans les stations situées au bas des monts granitiques, le barreau aimanté de la déclinaison suspendu comme un fil à plomb est attiré vers la masse voisine d'une manière sensible. Les deux autres éléments, inclinaison et composante horizontale, varient peut-être suivant la quantité de fer oxydulé désagrégé de la roche, répandu sur le sol ou enfoui sous terre.

Parmi les stations normales, signalons Mahatsinjo et Alasora, situées sur une même chaîne, de même altitude, et distantes de 2 kilomètres environ.

Extérieurement le terrain paraît avoir une composition identique et pourtant les résultats des trois éléments diffèrent. La déclinaison s'élève à 9° 53′ 35″ dans le premier endroit (comme à Ambatoroka) et s'abaisse à 8° 11′ 47″ dans le second, valeur minimum après Soanierana; *b*) dans les deux expériences de la composante horizontale, Mahatsinjo présente une déviation normale de 15° 50′ 52″, Alasora 16° 0′ 52″, soit 10′ en plus. Au premier point la durée d'oscillation du barreau, 3ˢ6629, paraît régulière; dans le second un ralentissement sensible se produit, 3ˢ7094, presque comme à Ambohipotsy. La composante horizontale a une valeur régulière, 0.22431 à Mahatsinjo, 0.22037 à Alasora; *c*) En

outre l'inclinaison est minimum dans le second : 54° 45′ 9″. La cause qui produit ce centre perturbateur sera signalée plus loin. Peut-être aussi, l'oxyde de fer dévalé du sommet d'Alasora sous l'effet des pluies s'est-il accumulé dans l'emplacement nivelé sur une assez grande étendue où nous avons observé les trois éléments magnétiques?

a) Deux autres stations, Soamanandrarina et le Nord d'Andralanitra, distantes de 1 km. 500, ayant même altitude, présentent une déclinaison identique, 9° 36′, pareille à celle de l'Observatoire. Mais les deux autres éléments diffèrent complètement. Dans les expériences de la composante horizontale, l'angle de déviation du barreau atteint 15° 51′ à Andralanitra et 15° 39′ 56″ à Soamanandrarina. La durée d'une oscillation égale 3^s6644 au premier endroit, 3^s6094 dans le second. *c*) L'un a une inclinaison de 54° 40′ 48[1], l'autre 54° 57′ 22″. Il est fort possible que la chaîne granitique de l'Ankatso qui se prolonge près de Soamanandrarina, influe sur la composante horizontale et l'inclinaison. Le sommet d'Ambohipeno à son tour offre des résultats irréguliers. La déclinaison est faible, 9° 3′ 38″, et concorde avec celle d'Andraisora. La composante horizontale se rapproche de celle d'Ambohipo, 0,22365, peu éloigné de là. L'inclinaison passe à un maximum, 54° 56′ 38″, et place cette station avec celles d'Ambatoroka et d'Ambohipotsy. Mettons en parallèle les résultats de la déclinaison et de l'inclinaison d'Antanjombato et d'Alasora, nous y trouverons des analogies qui laisseraient supposer l'identité du champ magnétique en ces deux points. La déclinaison 8° 49′ 20″ diffère de + 37′ 38″. A cause de la distance qui sépare ces deux lieux, 3 km. 700, cet élément reprend graduellement sa valeur normale. L'inclinaison d'Antanjombato 54° 49′ 38″ égale celle d'Alasora à 4′ près. La composante horizontale 0,22615 se rapproche de celle de Nosizato distant de 4 kilomètres. Si l'hypothèse de l'identité du champ magnétique est exact, il faut en déduire que le centre perturbateur de Soanierana éloigné de 1 km. 700 aurait un rayon d'action très limité, comme celui des zones volcaniques.

Nosizato quoique entouré de terrains alluvionnaires possède son argile spéciale qui différencie légèrement les résultats des stations voisines,

Ouest d'Ambohijanahary et Andohatapenaka reposant sur un sol tourbeux. La déclinaison 9° 32′ 4″ surpasse seulement de 11′ celle des deux autres points. La composante horizontale 0,22641 représente approximativement la valeur moyenne des autres stations. L'inclinaison 54° 26′ 48″ se rapproche de celle d'Andohatapenaka à 12′ près. En définitive à mesure que l'on s'avance dans la plaine de Betsimitatatra et que l'on s'éloigne de tout relief du terrain, les éléments magnétiques deviennent de plus en plus réguliers et fournissent sensiblement les mêmes résultats qu'à l'Observatoire, du moins pour la déclinaison et l'inclinaison.

Les deux stations alluvionnaires d'Andohatapenaka et Ouest d'Ambohijanahary, peu exposées à des perturbations par suite de leurs positions topographiques, peuvent être classées parmi les stations normales. Comme nous l'avions constaté en 1905, ces points offrent une déclinaison moindre que sur les sommets granitiques, une composante horizontale plus forte; par contre, l'inclinaison est irrégulière. Ainsi la déclinaison a une valeur identique de 9° 31′ en ces deux endroits, fait très caractéristique. Or en comparant ce résultat avec celui de l'Observatoire, 9° 35′, la différence est de 4′ seulement, résultat concordant d'une manière approximative. La composante horizontale égale 0,22390 à Andohatapenaka, et 0,22874 à l'Ouest d'Ambohijahanary, valeurs très différentes entre elles. Nous relevons à l'Observatoire 0,22870. L'inclinaison s'élève à 54° 14′ 26″ à Andohatapenaka, s'abaisse à 53° 31′ 48″ au deuxième endroit. Nous obtenons à l'Observatoire 54° 6′, différence 8′ avec la première station.

Troisième conclusion. — *a*) Déclinaison. Les déclinaisons dans les points réguliers, représentent la moyenne des valeurs observées sur les sommets granitiques et en contre-bas. Il importe pour prouver cette assertion, de choisir des points dont la déclinaison concorde et soient aussi voisins que possible de l'Observatoire afin d'établir d'exactes comparaisons. Les résultats maximum fournis par Ambatoroka et Ambatobé, les résultats minimum par Ambohipo et Andohalo satisfont aux conditions. La moyenne des deux premières déclinaisons égale 9° 53′ 35″, celles des autres 9° 21′ 31″. Ces valeurs extrêmes donnent la moyenne

générale de 9° 37′ 39″. La différence avec les stations alluvionnaires n'est que de — 6′, et avec l'Observatoire de — 2′. Comme on le sait, ce procédé de la moyenne des extrêmes est couramment employé en météorologie.

b) Inclinaison. Parmi les stations voisines de l'Observatoire qui donnent une inclinaison sensiblement égale à celle relevée ici en octobre 1906, 54° 6′ 10″, nous citerons Ambohipo, Andraisora, Soamanandrarina, Ankadifotsy, Faravohitra, Andohalo et Andohatapenaka.

c) Composante horizontale. Comparons d'abord les résultats de cet élément obtenus sur le pilier magnétique avec une autre station située à 10 mètres vers l'Ouest. Les oscillations pendulaires de l'aimant diffèrent de 0,0952. Les déviations atteignent la forte valeur de 44′ 22″.

Les résultats de la composante horizontale aux deux stations indiquent une différence de 0,01036 unités C. G. S. Cette perturbation est très probablement causée par la constitution diverse du terrain sous-jacent. En pareil cas les formules de la force totale et de la composante verticale deviennent illusoires, puisque l'un des termes, la composante horizontale, varie à quelques mètres de distance.

En second lieu, il est nécessaire d'établir un parallèle entre les résultats obtenus sur le pilier magnétique et ceux des stations voisines. D'une manière générale la valeur de la composante horizontale est plus élevée à l'Observatoire que dans le voisinage, comme Ambohipo, Mahazoarivo, Andraisora, Ambatoroka, Andralanitra et Ambohipeno. Elle est approximativement égale aux deux stations d'Ankadifotsy et Tananarive (Ouest d'Ambohijanahary, Fort Voyron).

Le détail des expériences démontre que sur le pilier magnétique, les oscillations sont plus rapides et les déviations plus faibles qu'aux stations voisines.

En résumé, nous constatons sur le pilier actuel de l'Observatoire un phénomène peu ordinaire; le champ magnétique terrestre par rapport à la déclinaison et l'inclinaison est régulier, et irrégulier par rapport à la composante horizontale. Cette conclusion est confirmée par la comparaison des résultats magnétiques obtenus en ville par M. Brown à

Mahamasina le 22 novembre 1920, et ceux de l'Observatoire à cette époque.

II. — STATIONS DE LA CÔTE ORIENTALE

Andévorante (25 septembre 1892).

Station. — Nous nous sommes placés à la dune d'Ambatonjanahary, située à 40 mètres Nord du village. La dune est surmontée de 10 pierres, emblèmes idolâtriques. Nous avions installé l'instrument à 3 mètres Sud-Est de la dernière grande pierre Sud. Le sable est mélangé de fer oxydulé. Altitude : 5 m. 60. Longitude : 46° 45′ 34″ Est de Paris. Latitude : 18° 56′ 48″ Sud. Baromètre : 772 mm. 8. Thermomètre : 25°.

Nous avons déterminé le méridien géographique par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 9 h. 45 à 10 h. 10. Méridien magnétique : 218° 9′ 41″. Méridien géographique : 232° 50′ 23″. Déclinaison : 14° 40′ 42″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 10 h. 16 à 11 h. 8. Déviation moyenne : 19° 36′ 52″. Durée d'une oscillation : $3^{s}123$. Température : 27° à 10 h. 16; 27°,8 à 11 h. 8. Composante horizontale : 0,23665.

Inclinaison. — De 8 h. 30 à 9 h. 15. Première aimantation : 54° 4′ 5. Pôles renversés : 54° 21′ 36″. Inclinaison moyenne : 54° 12′ 50″.

Tamatave, campagne (3 octobre 1892).

Station. — Dune de sable à 2 kilomètres Ouest-Sud-Ouest de Tamatave; à 300 mètres Nord-Est de l'endroit où le ruisseau Manangareza traverse le chemin de Tananarive. Sable mêlé de fer oxydulé. Altitude : 5 mètres. Longitude approximative : 47° 4′ Est de Paris. Latitude : 18° 9′ 30″ Sud. Baromètre : 770 millimètres. Thermomètre : 25°.

Le méridien géographique a été fixé par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 9 h. 30 à 10 heures. Méridien magnétique :

143° 16′ 56″. Méridien géographique : 152° 54′ 46″. Déclinaison : 9° 37′ 50″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 10 h. 11 à 11 h. 12. Déviation moyenne : 19° 38′ 22″. Durée d'une oscillation : 3s139. Température : 28° à 10 h. 11, 28°,8 à 11 h. 12. Composante horizontale : 0,23655.

Inclinaison. — De 13 heures à 13 h. 40. Première aimantation : 53° 16′ 50″. Pôles renversés : 53° 18′ 42″. Inclinaison moyenne : 53° 17′ 46″.

TAMATAVE, ville (8 octobre 1892).

Station. — Installé au Nord-Ouest de Tamatave sur la promenade dite : Allées des Manguiers, actuellement maison du Gouverneur général. Placé sous le dernier manguier Est, à 150 mètres Ouest de la plage, à 400 mètres Nord du fort hova (aujourd'hui détruit). Altitude : 5 mètres. Longitude approximative : 47° 5′ Est de Paris. Latitude : 18° 9′ 20″ Sud. Baromètre : 768 mm. 2. Thermomètre : 28°.

Dix pointés du soleil ont donné la trace du méridien terrestre.

Déclinaison. — De 14 heures à 14 h. 20. Méridien magnétique : 38° 8′ 11″. Méridien géographique : 48° 42′ 14″. Déclinaison : 10° 34′ 3″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 14 h. 42 à 15 h. 23. Déviation moyenne : 19° 33′ 52″. Durée d'une oscillation 3s142. Température : 29° à 14 h. 42, 29°,5 à 15 h. 23. Composante horizontale : 0,23641.

Inclinaison. — De 13 h. 30 à 14 heures. Première aimantation : 53° 16′ 50″. Pôles renversés : 53° 18′ 42″. Inclinaison moyenne : 53° 17′ 46″.

TAMATAVE, ville (1921).

Station au milieu du champ de courses, à proximité du tournant Est de la piste; 175 mètres Sud de la station précédente. Sable gazonné. Dix pointés du soleil pour l'azimut. Baromètre : 767 millimètres. Thermomètre : 24°,7.

Déclinaison, 24 septembre 1921. — De 15 h. 20 à 15 h. 40. Méridien magnétique : 188° 20′ 33″. Méridien géographique : 195° 15′ 45″. Déclinaison : 6° 55′ 12″ Nord-Ouest.

Composante horizontale, 16 septembre 1921. — De 8 h. 42 à 9 h. 15. Déviation moyenne : 15° 4′ 29″. Durée d'une oscillation : 3s7655. Température : 23°. Composante horizontale : 0,22358.

Inclinaison, 15 septembre 1921. — De 9 h. 42 à 10 h. 40. Première aimantation : 53° 10′ 27″. Pôles renversés : 50° 29′ 47″. Inclinaison moyenne : 51° 50′ 7″.

Ampanotoamaizina (11, 20 et 21 octobre 1896).

Station. — Installé à 60 mètres Nord du village, près du lac. Sable quartzeux avec fer oxydulé. En creusant le sable on trouve des pyrites de fer. Altitude : 5 mètres. Longitude : 46° 51′ 19″ Est de Paris. Latitude : 18° 36′ 22″ Sud. Baromètre : 765 mm. 2. Thermomètre : 25°,2.

Huit distances zénithales du soleil ont donné le méridien terrestre.

Déclinaison, 11 octobre 1896. — De 17 heures à 17 h. 30. Méridien magnétique : 40° 28′ 56″. Méridien géographique : 48° 34′ 30″. Déclinaison : 8° 5′ 34″ Nord-Ouest.

Composante horizontale, 21 octobre 1896. — De 15 h. 22 à 16 h. 24. Déviation moyenne : 18° 1′ 7″. Durée d'une oscillation : 3s3472. Température : 27° à 15 h. 22; 26°,4 à 16 h. 24. Composante horizontale : 0,23064.

Inclinaison, 20 octobre 1906. — De 8 heures à 9 h. 10. Première aimantation : 55° 1′ 5″. Pôles renversés : 54° 30′ 55″. Inclinaison moyenne : 54° 46′.

Sahamarivo (7 novembre 1896).

Station. — Village à 12 kilomètres Ouest-Nord-Ouest d'Ampanotoamaizina, sur les bords de la rivière Rongaronga. Terrain d'alluvions. Altitude : 12 mètres. Longitude : 46° 45′ 49″ Est de Paris. Latitude : 18° 35′ 20″ Sud. Baromètre : 764 mm. 8. Thermomètre : 28°.

Le méridien terrestre a été obtenu par 10 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 16 heures à 16 h. 30. Méridien magnétique : 143° 54′. Méridien géographique : 153° 40′ 34″. Déclinaison : 9° 46′ 34″ Nord-Ouest.

Andévorante (16 novembre 1896).

Station. — Au même endroit, dune d'Ambatonjanahary, que le 25 septembre 1892.

Dix distances du soleil ont donné l'azimut.

Déclinaison. — De 10 h. 15 à 10 h. 30. Méridien magnétique : 81° 38′ 18″. Méridien géographique : 95° 16′ 23″. Déclinaison : 13° 38′ 5″ Nord-Ouest.

Inclinaison. — De 15 heures à 16 h. 15. Première aimantation : 54° 28′ 37″. Pôles renversés : 54° 26′ 30″. Inclinaison moyenne : 54° 27′ 33″.

Vatomandry (27 février 1900).

Station. — A cause des maisons couvertes en tôle galvanisée, j'ai opéré un peu loin du village, à 310 mètres Sud-Ouest du mât de pavillon de l'administrateur, à 80 mètres Ouest du temple anglican, sur un chemin près du marais. Le sol est sablonneux, mêlé de limon. Altitude : 5 mètres. Longitude : 46° 35′ 49″ Est de Paris. Latitude : 19° 19′ 33″ Sud. Baromètre : 761 millimètres. Thermomètre : 25°.

L'azimut a été déterminé par 6 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 8 heures à 8 h. 20. Méridien magnétique : 59° 49′ 45″. Méridien géographique : 67° 15′ 46″. Déclinaison : 7° 26′ 1″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 9 h. 38 à 10 h. 24. Déviation moyenne : 17° 59′ 3″. Durée d'une oscillation : 3s4200. Température : 26° à 9 h. 38; 26°,7 à 10 h. 24. Composante horizontale : 0,22593.

Inclinaison. — De 8 h. 25 à 9 h. 30. Première aimantation. : 57° 3′ 1″. Pôles renversés : 57° 33′ 15″. Inclinaison moyenne : 57° 18′ 8″.

Mahanoro (4 mars 1900).

Station. — J'ai opéré au Nord-Est du village européen, à 500 mètres Nord-Ouest de l'ancien fort hova, à 300 mètres de l'épave d'un bateau, près d'un bois qui longe la mer. Le sol est sablonneux. Altitude : 5 mètres. Longitude : 46° 24′ 17″ Est de Paris. Latitude : 19° 55′ 8″. Baromètre : 760 mm. 3. Thermomètre : 27°.

Le méridien géographique a été fixé par 22 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 8 h. 35 à 8 h. 50. Méridien magnétique : 346° 43′ 33″. Méridien géographique : 358° 12′ 44″. Déclinaison : 11° 29′ 11″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 8 h. 57 à 9 h. 36. Déviation moyenne : 17° 41′. Durée d'une oscillation : 3s4030. Température : 27°,8 à 8 h. 57; 28°,4 à 9 h. 36. Composante horizontale : 0,22892.

Inclinaison. — De 5 h. 20 à 6 h. 30. Première aimantation : 55° 1′ 20″. Pôles renversés : 54° 35′. Inclinaison moyenne : 54° 48′ 10″.

Marosika (3 mars 1900).

Station. — Pendant la halte du milieu de la journée, au village de Marosika, j'ai déterminé la latitude du lieu ainsi que la déclinaison. J'avais installé l'instrument à 60 mètres Sud-Ouest de trois cocotiers qui se dressent au milieu du village, sur la berge de la rivière Manandry. Le sol est composé de sable mêlé de limon. Altitude : 8 mètres. Longitude : 46° 34′ 30″ Est de Paris. Latitude : 19° 36′ 7″ Sud. Baromètre : 760 mm. 2. Thermomètre : 27°,6.

L'azimut est fixé par 24 hauteurs circumméridiennes du soleil.

Déclinaison. — De 11 h. 30 à 11 h. 40. Méridien magnétique : 96° 21′ 7″. Méridien géographique : 108° 45′ 10″. Déclinaison : 12° 24′ 3″.

Inclinaison. — De 12 h. 15 à 12 h. 30. La caravane de porteurs prête à partir à 12 h. 30, je dus laisser de côté la deuxième expérience du renversement des pôles. L'inclinaison est donc affectée de cette erreur. Première aimantation et inclinaison : 54° 38′ 42″.

Fénérive (21 septembre 1921).

Station. — Placé au milieu d'un vaste terrain isolé, distant de 60 mètres Est du bâtiment de la Mission catholique, 100 mètres Sud de l'église actuelle couverte en tôle galvanisée, 1 kilomètre Ouest de la mer. Argile rouge avec nombreux fragments de quartzites.

M. Lacroix, minéralogiste, signale à 1 kilomètre Ouest de Fénérive,

par conséquent dans le voisinage immédiat de la station, des dykes diabasiques contenant de la magnétite et du fer titané. Altitude : 5 mètres. Longitude : 47° 3′ Est de Paris. Latitude : 17° 22′ 24″ Sud. Baromètre : 770 millimètres. Thermomètre : 22°.

L'azimut a été obtenu par huit distances zénithales du soleil.

Déclinaison. — De 8 h. 30 à 8 h. 45. Méridien magnétique : 325° 55′ 59″. Méridien géographique : 325° 23′ 17″. Déclinaison : 0° 32′ 42″ Est.

Composante horizontale. — De 8 h. 57 à 9 h. 48. Déviation moyenne : 15° 10′ 15″. Durée d'une oscillation : 3^s 770. Température : 22°. Composante horizontale : 0,22262.

Inclinaison. — De 7 h. 23 à 8 h. 26. Première aimantation : 52° 0′ 27″. Pôles renversés : 53° 53′ 10″. Inclinaison moyenne : 52° 56′ 48″.

Discussion des résultats de 1892, 1896 et 1900. — La déclinaison obtenue à Andévorante en 1892 : 14° 40″ Nord-Ouest, représente une valeur très anormale, surtout si on la compare avec celle de Beforona, 11° 48′ 14″. Cette irrégularité avait été signalée avant nous. Le 20 janvier 1886, M. Favereau, lieutenant de vaisseau, observa la déclinaison dans ce village en deux points distants de 100 mètres et éloignés de 1 km. 500 de notre station; la boussole indique 13° 57′ 9″ au premier endroit et 14° 40′ 8″ dans le second. Par une coïncidence fortuite, ce dernier résultat concorde à quelques secondes près avec le nôtre, malgré six années d'intervalle. En pareil cas ou bien la variation annuelle a été nulle, ce qui n'est guère probable, ou bien notre station indiquait en 1886 une valeur de 16° 10′, plus élevée encore que les précédentes.

Comparons maintenant nos deux résultats du 25 septembre 1892 : 14° 40′ 42″ et du 16 novembre 1896 : 13° 38′ 5″, obtenus rigoureusement au même point. Dans l'intervalle de quatre années, la déclinaison décroît de 1° 2′ 37″, ce qui donnerait une moyenne de 15′ 6 de variation annuelle, valeur anormale. Au cours de nos vérifications dans le plateau central, une diminution aussi rapide ne fut constatée qu'à Fehibé, foyer perturbateur.

Il est possible qu'à Andévorante, le jour du 16 novembre, la décli-

naison ait éprouvé des irrégularités. En 1892, l'inclinaison indiquait 54° 12′ 50″; en 1896, 54° 27′ 33″, différence + 14′ 43″. Il est nécessaire de rendre compte de cette augmentation assez singulière. En jetant un coup d'œil sur les heures pendant lesquelles nous avons exécuté les expériences de l'inclinaison, le lecteur s'est demandé certainement pourquoi elles ont exigé 1 h. 15, alors qu'ordinairement elles durent 45 minutes au plus. Dès la fin de la première aimantation, nous fûmes surpris par une averse d'une demi-heure. Plutôt que d'abandonner l'observation, nous nous résignâmes à ouvrir le parapluie, à protéger l'instrument et à patienter pendant ce laps de temps. D'une part le sable mouillé se tassant inégalement autour du trépied; d'autre part la variation horaire, l'époque différente de l'année, ainsi que la diminution de température, peut-être aussi quelque perturbation générale, ont amoindri le degré de précision du résultat, bien que la différence entre les deux aimantations ne dépasse pas 2′.

Dès 16 h. 20 nous entreprenions les expériences de la composante. Aussitôt après les oscillations du barreau, nouvelle et sérieuse averse nous obligent à plier bagages et à chercher un refuge dans la maison la plus voisine. A défaut d'autre donnée magnétique nous comparerons du moins la durée de l'oscillation du barreau dans l'intervalle de quatre ans, elle égalait en 1892, 3^s123; en 1896, 3^s333; différence en quatre ans + 0^s210; d'où variation annuelle + 0^s052. Or, la moyenne de huit années à Tananarive indique un résultat presque identique 0^s0442. La variation de cette partie de la composante horizontale serait donc régulière. En résumé les observations magnétiques de 1892 nous paraissent douteuses.

Il n'est pas sans intérêt de rechercher par voie d'exclusion d'où provient l'irrégularité de la déclinaison. Andévorante forme une presqu'île bordée à l'Est par l'Océan Indien, à l'Ouest par les marais du Ranomainty, au Sud par l'embouchure du fleuve Iaroka. Son éloignement du volcan de Vohilongy, 22 kilomètres Ouest, et de tout accident de terrain, abrite cette station contre les influences voisines; elle n'est donc soumise qu'à celle du sol. Or la petite quantité de fer oxydulé que contient le

sable ne peut agir sur la boussole avec une force attractive intense.

La perturbation a certainement une cause plus générale située dans le sous-sol. Nous essaierons de l'établir plus loin dans la discussion des mesures obtenues à Marosika[1].

Les résultats de deux déclinaisons observées dans la ville et la campagne de Tamatave, distance 2 kilomètres, diffèrent aussi de 56′ 13″, environ 1°. Comme à Andévorante la boussole varie suivant les lieux. Les levés magnétiques antérieurs aux nôtres corroborent le fait. En 1864, M. Germain, ingénieur hydrographe, obtint à Tamatave la déclinaison de 10° 39′ Nord-Ouest, valeur qui se rapproche des observations du 8 octobre 1892, 10° 34′ 3″. Cette concordance laisserait supposer ou bien que la variation annuelle n'a pas changé pendant vingt-huit ans, fait inadmissible, ou bien que réduite à l'année 1892, la déclinaison de M. Germain indique 6° 30″ environ. Celles obtenues en 1874, 11° 45′ Nord-Ouest, et en 1884, 12° 50′ Nord-Ouest, supposent une variation décennale de + 1° 5′ ou 6′ par an, fait anormal puisque la déclinaison n'augmente pas, mais diminue à Madagascar annuellement.

Lequel des deux résultats de déclinaison que nous avons obtenus à Tamatave représente la véritable valeur? Selon toute probabilité, le résultat de la ville serait le plus exact pour deux raisons : 1° La réduction de l'observation de 1874 à 1892 donnerait 9° 3′; celle de 1884, 11° 38′; la moyenne de ces deux valeurs extrêmes, 10° 20′, se rapproche du résultat observé directement 10° 34′ 3″; 2° Le sous-sol de la campagne est inconnu; celui de la ville depuis longtemps déterminé. A 5 ou 6 mètres de profondeur dans le sable, existe une couche épaisse de corail qui recouvre une nappe d'eau douce. En pareil cas d'un sous-sol imprécis et d'un autre fixé, il est naturel d'accorder plus de confiance au résultat de la ville.

Les composantes horizontales des deux stations de Tamatave concordent à 0,00014 unités C. G. S. près.

(1) D'après les mesures de M. Brown à Andévorante, même station, en mars 1920, la déclinaison comparée avec la nôtre donne une variation annuelle de — 7′ 3, la composante horizontale de — 0,00058, l'inclinaison — 2′ 5.

La différence des deux inclinaisons s'élève seulement à 6′ 47″, elle permet de considérer les résultats de Tamatave ville comme réguliers.

La comparaison des résultats de cette dernière station en 1892 et en 1921 donne une variation annuelle de — 7′ pour la déclinaison, de — 0,00047 unités C. G. S. pour la composante horizontale, et de 2′ 7″ pour l'inclinaison.

Ampanotoamaizina, distant de 33 kilomètres Nord-Nord-Est d'Andévorante, offre un centre de perturbation magnétique très caractéristique. La constitution du sol sablonneux est mieux établie ici que partout ailleurs par suite du creusement du canal des Pangalanes en 1896 et aussi par l'étude détaillée du terrain dont nous dressions la carte à cette époque. Des pyrites de fer nombreuses affleurent le sable; le plus souvent, elles se trouvent enfoncées à 1 ou 2 mètres de profondeur. En particulier on remarque sur les bords du lac de longs amas stratiformes de fer pur désagrégé des pyrites et rejeté sur le rivage par les vagues; leur couleur noirâtre contraste singulièrement avec le manteau de sable blanc siliceux qui couvre la région.

La déclinaison d'Ampanotoamaizina, 8° 5′ 34″, a 5° 32′ 31″ de différence avec celle d'Andévorante. Comme dans les gîtes ferrifères de Mokajy, Ambohijanaka, Soavina étudiés précédemment, le barreau aimanté se rapproche du méridien géographique.

La composante horizontale 0,23064, comparée avec celle de Tamatave réduite à 1896, indique une valeur forte.

L'inclinaison 54° 46′ surpasse de beaucoup celle de Tamatave et d'Andévorante. En définitive Ampanotoamaizina, à cause de ses gisements de pyrites de fer, doit être rangé parmi les centres de perturbation totale qui affectent les trois éléments magnétiques.

Le village de Sahamarivo, distant de 12 kilomètres Ouest d'Ampanotoamaizina et de 8 kilomètres des lacs, est situé au bas d'une chaîne de collines qui s'élève graduellement jusqu'à 100 mètres d'altitude et sépare la région du littoral de la rivière Rongaronga. Le terrain se compose de terre rouge fortement mêlé de limon, sans trace apparente de produits ferrugineux. La déclinaison 9° 46′ 34″ Nord-Ouest se rapproche

encore du méridien. Le massif des collines qui surplombent le village exerce probablement une attraction sur le barreau aimanté.

La différence avec Ampanotoamaizina égale + 1° 41′ et — 3° 51′ 31″ avec Andévorante.

Après avoir discuté les résultats des éléments magnétiques sur une distance de 100 kilomètres, depuis Tamatave jusqu'à Andévorante, il reste encore à examiner ceux qui ont été observés à 198 kilomètres plus loin sur le littoral Sud, à savoir, Vatomandry, Marosika et Mahanoro.

Vatomandry se trouve à 43 kilomètres Sud de Andévorante. La déclinaison présente en ce point une valeur plus faible qu'à Ampanotoamaizina, 7° 26′ 1″ Nord-Ouest. Dans la première expérience de la composante horizontale, la durée d'une oscillation de l'aimant égale 3s420 et 3s509 à Andévorante réduit à 1900. Le barreau dévie pendant la deuxième expérience d'environ 18°, angle plus grand que celui d'Andévorante, 17° 16′ 38″ réduit à cette même époque. Pour que le lecteur juge de la faible valeur qu'acquiert la composante 0,22593, il suffira de lui indiquer que nous l'avons observée à Tananarive dix ans plus tard, malgré la différence de 24′ en latitude qui sépare les deux stations. Le résultat de l'inclinaison 57° 18′ 8″ paraît aussi élevé que celui de l'intensité. En le comparant avec celui de Soamahamanina, remarquable par ses gisements de magnétite, 58° 55′ 45″, Vatomandry occuperait le second rang après ce maximum [1].

Les cartes marines de 1886 indiquent en ce lieu une déclinaison assez vague de 9° à 11°, valeur qui se réduirait de 7° à 9° en 1900.

Cette indication, même approximative pour une contrée dont le champ magnétique est anormal, ne s'éloigne guère de celui que nous avons obtenu : 7° 26′ 1″.

A quelle cause faut-il attribuer cette perturbation totale qui s'exerce sur les trois éléments magnétiques, comme à Ampanotoamaizina?

(1) M. Brown en mars 1920 observa les trois éléments magnétiques à Vatomandry en une station différente; d'après les résultats comparés avec les nôtres, la variation annuelle de la déclinaison serait de — 8′ 9″, celle de la composante horizontale — 0.00088; celle de l'inclinaison, sensiblement 0′0, anomalie évidente.

Avant de répondre à cette question, il est nécessaire de décrire la région du littoral et celle qui s'étend à l'Ouest de Vatomandry. Pareil à Andévorante, le village resserré sur une étroite presqu'île est limité au Nord et à l'Ouest par des lacs, à l'Est par l'Océan Indien. De la plage on aperçoit dans la rade à 1 kilomètre vers l'Est, aux heures de la marée basse, une série de roches noires à fleur d'eau. N'étant pas allé vérifier leur nature sur les lieux mêmes, nous nous baserons sur le rocher qui s'élève de 7 mètres environ, à un kilomètre de la côte, à Antsiramihanana, 14 kilomètres Nord de Vatomandry. Vu à distance il a toutes les apparences d'une origine volcanique et semble formé de laves, puisque au dire des marins de Vatomandry, le compas s'affole à son voisinage. Sans cesse battu par les vagues, ce reste de volcan est en voie rapide d'érosion. D'après cette donnée très probable, les roches noires de Vatomandry constitueraient peut-être des restes d'anciens volcans nivelés aujourd'hui par la mer.

Les premières ondulations de l'argile rouge commencent à 3 kilomètres Sud-Ouest de Vatomandry, sur le chemin de Beforona. A 20 ou 25 kilomètres à l'Ouest et Nord-Ouest se dresse une ligne de volcans éteints parallèle à la côte, Vohibolo 177 mètres, Vohinany 483 mètres, Takaindaona appelé dans les cartes marines la selle de Vatomandry 511 mètres, Miarinarivo 566 mètres. Durant notre voyage de Beforona à Vatomandry, nous remarquions à 10 kilomètres de ce dernier point des déjections volcaniques qui occupaient une assez grande étendue. Transportés par les cours d'eau torrentueux qui prennent leur source sur les massifs éruptifs, ces produits n'ont certainement pas limité leur course descendante en cet endroit, mais ont été entraînés jusqu'à la plage de la mer. Accumulés dans le sous-sol de Vatomandry ils sont aujourd'hui recouverts de sable d'une nappe d'eau, alluvions, de dépôt lacustre, de débris végétaux, etc.

A défaut de sondages dans la lagune et le sable du village, l'une ou l'autre hypothèse, peut-être même les deux réunies, suffisent à expliquer la perturbation magnétique des trois éléments que présente cette station.

Sur le chemin de Vatomandry à Marosika le voyageur aperçoit non

loin du village un vapeur sur les flancs duquel les lames bondissent en écumant; il semble prendre le large. Illusion! c'est l'épave d'un bateau de la Castle line C° jeté à la côte pendant la nuit, par suite d'une erreur locale de la boussole.

Marosika situé non loin de l'épave a une déclinaison de 12° 24′ 3″ Nord-Ouest qui se rapproche de celle d'Andévorante et diffère de 5° avec celle de Vatomandry. L'inclinaison bien incomplète (puisque soumis aux exigences d'une caravane, nous n'avons pas eu le temps de renverser l'aimantation de l'aiguille), présente une valeur à peu près égale à celle de Mahanoro.

D'où provient la haute valeur de la déclinaison locale? La grande quantité d'eau accumulée à l'embouchure du Manandry, de l'Iaroka uni au Ranomainty qui se déversent ensuite dans l'Océan Indien l'un à Marosika, l'autre à Andévorante, laisse soupçonner une forte dépression du terrain sous-jacent en ces deux lieux. Cette dépression pourrait être occasionnée par une dislocation, une faille énorme dans le sous-sol, capable de dévier le courant magnétique terrestre de l'Est-Nord-Est à l'Ouest-Nord-Ouest.

A Mahanoro, la déclinaison 11° 29′ 11″ est régulière et moins forte que celle de Marosika. Dans les expériences de la composante horizontale, la déviation du barreau acquiert une valeur moindre que celle de Vatomandry 17° 41′. La durée de battement de l'aimant est plus rapide 3s4030, soit 0s0170 de différence avec la dernière station. Le résultat final de la composante 0,22892 n'a été observé à Tananarive qu'en 1906, soit six ans plus tard. L'inclinaison 54° 48′ 10″, comparée avec la carte des isoclines de l'Amirauté anglaise, concorde suffisamment.

La carte marine française de 1886 indique en ce lieu une déclinaison de 15° à 16°, ce qui correspond à 13° et 14° en 1900, toutes réductions faites. Notre résultat, 11° 29′ 11″, démontre une erreur de 1° et 2° dans la carte française [1].

(1) Les mesures de Brown à Mahanoro en mars 1920 donnent les variations annuelles suivantes. La déclinaison diminue de 6′ 2″, la composante horizontale de 0,00064, l'inclinaison de 3′ 2‴.

Les observations magnétiques exécutées depuis Tamatave jusqu'à Mahanoro, sur une distance de 208 kilomètres, se suivent à quatre années d'intervalle de 1892 à 1900. Afin que le lecteur puisse mieux juger des anomalies qui affectent cette minime partie de la côte orientale, nous avons réduit tous les résultats à l'année 1900 en prenant comme point de repère la variation moyenne annuelle des trois éléments à Tananarive : — 9′ pour la déclinaison, 0,00057 pour la composante horizontale, — 2′ pour l'inclinaison.

Stations.	Déclinaison Nord-Ouest.	Composante horizontale.	Inclinaison.
Tamatave.	9° 22′ 3″	0,23185	52° 47′
Ampanotoamaizina. .	7° 29′ 34″	0,22836	54° 39′
Andévorante	13° 24′ 2″	0,23200	54° 15′
Vatomandry	7° 26′ 1″	0,22593	57° 18′
Marosika	12° 24′ 3″		54° 38′
Mahanoro	11° 29′ 11″	0,22892	54° 48′

En résumé l'on constate le long de cette zone de la côte orientale une inégalité magnétique qui se traduit par les effets suivants : *a*) la déclinaison subit une hausse et une baisse alternative d'après l'ordre des stations; le maximum de déclinaison se manifeste à Andévorante, le minimum à Vatomandry; *b*) la composante horizontale éprouve une hausse et une baisse alternative depuis Tamatave jusqu'à Vatomandry; le minimum a lieu à Ampanotoamaizina, le maximum à Andévorante; *c*) l'inclinaison passe brusquement de 52° 47′ à 54 et 57 sans transition par les valeurs intermédiaires; le maximum se produit à Vatomandry, le minimum à Tamatave.

A en juger d'après l'anomalie qui affecte les trois éléments magnétiques à Fénérive, très probablement les perturbations proviennent du sous-sol; car la surface extérieure du terrain ne manifeste pas la présence de matières éruptives.

III. — STATIONS DE LA CÔTE OCCIDENTALE

Majunga (14 février 1898).

Station. — Installé à 40 mètres Est du phare, sur le chemin de l'hôpital, à l'emplacement actuel du poste de T. S. F. Argile rouge. Altitude :

35 mètres. Longitude : 43° 56′ 36″ Est de Paris. Latitude : 15° 43′ 25″ Sud. Baromètre : 756 mm. 8. Thermomètre : 27°.

Dix pointés du soleil ont donné la trace du méridien local.

Déclinaison. — De 7 h. 50 à 8 h. 10. Méridien magnétique : 140° 51′ 12″. Méridien géographique : 150° 52′. Déclinaison : 10° 0′ 48″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 9 h. 29 à 10 h. 7. Déviation moyenne : 16° 33′ 48″. Durée d'une oscillation : 3s2561. Température : 28°,8 à 9 h. 29; 29°,4 à 10 h. 7. Composante horizontale : 0,24697.

Inclinaison, 16 février 1898. — De 15 h. 50 à 16 h. 25. Première aimantation : 50° 28′ 42″. Pôles renversés : 51° 6′ 13″. Inclinaison moyenne : 50° 47′ 27″.

Tambohorana (9 mars 1898).

Station. — Instrument placé à 50 mètres de l'ancien poste militaire. Sable contenant des concrétions ferrugineuses. Altitude : 4 mètres. Longitude : 41° 47′ 46″ Est de Paris. Latitude : 17° 30′ 3″ Sud. Baromètre : 758 mm. 2. Thermomètre : 31°,8.

L'azimut du lieu a été obtenu par 12 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 16 heures à 16 h. 20. Méridien magnétique : 65° 32′ 45″. Méridien géographique : 77° 20′ 26″. Déclinaison : 11° 47′ 41″ Nord-Ouest.

Composante horizontale. — De 16 h. 40 à 17 h. 15. Déviation moyenne : 17° 6′ 41″. Durée d'une oscillation : 3s344. Température : 29°,8 à 16 h. 40, 29°,3 à 17 h. 15. Composante horizontale : 0,23671.

Maintirano (11 mars 1898).

Station. — Placé l'instrument à 100 mètres du poste militaire. Sable quartzeux. Altitude : 3 mètres. Longitude : 41° 42′ 15″ Est de Paris. Latitude 18° 9′ 54″ Sud. Baromètre : 759 mm. 2. Thermomètre : 29°,3.

Le méridien géographique a été fixé par 12 distances du soleil.

Déclinaison. — De 9 h. 20 à 10 heures. Méridien magnétique : 51° 14′ 4″. Méridien géographique : 62° 33′ 44″. Déclinaison : 11° 19′ 30″ Nord-Ouest.

Inclinaison, 12 mars 1898. — De 7 h. 10 à 8 heures. Première aimanta-

tion : 53° 17′ 57″. Pôles renversés : 53° 41′ 27″. Inclinaison moyenne : 53° 39′ 42″.

BENJAVILO (14 mars 1898).

Station. — Installé à 100 mètres Nord du poste militaire, sur une dune. Sable quartzeux. Altitude : 4 mètres. Longitude : 41° 53′ Est de Paris. Latitude : 18° 59′ 57″ Sud. Baromètre : 760 mm. 8. Thermomètre : 28°,8.

La trace du méridien terrestre a été obtenue par 18 hauteurs du soleil.

Déclinaison. — De 8 h. 39 à 9 heures. Méridien magnétique : 257° 22′ 45″. Méridien géographique : 269° 57′ 2″. Déclinaison : 12° 34′ 17″ Nord-Ouest.

TSIMANANDRAFOZANA (15 mars 1898).

Station. — Installé à la bifurcation de la plage et du chemin du poste situé à 40 mètres Nord-Est. Sable quartzeux. Altitude : 2 mètres. Longitude : 42° 4′ 30″ Est de Paris. Latitude : 19° 47′ 30″ Sud. Baromètre : 756 millimètres. Thermomètre : 31°,7.

Par 10 hauteurs du soleil on a fixé l'azimut du lieu.

Déclinaison. — De 15 h. 30 à 16 heures. Méridien magnétique : 256° 44′ 44″. Méridien géographique : 269° 8′ 44″. Déclinaison : 12° 24′ Nord-Ouest.

MORONDAVA (18 mars 1898).

Station. — A cause des habitations couvertes en tôle galvanisée, nous nous sommes placés dans le lagon à marée basse. Sable mêlé de limon. Altitude : 3 mètres. Longitude : 41° 56′ 45″ Est de Paris. Latitude : 20° 17′ 21″ Sud. Baromètre : 758 mm. 8. Thermomètre : 25°,6.

Dix pointés du soleil ont donné le méridien local.

Déclinaison. — De 7 h. 22 à 7 h. 40. Méridien magnétique : 213° 0′ 30″. Méridien géographique : 227° 4′ 33″. Déclinaison : 14° 4′ 3″ Nord-Ouest.

Composante horizontale, 21 mars 1898. — De 7 h. 7 à 7 h. 57. Déviation moyenne : 19° 2′ 56″. Durée d'une oscillation : 3s4633. Température : 26° à 7 h. 7; 26°,8 à 7 h. 57. Composante horizontale : 0,21701.

Inclinaison, 20 mars 1898. — De 7 h. 20 à 7 h. 54. Première aiman-

tation : 56° 35′ 50″. Pôles renversés : 56° 12′. Inclinaison moyenne : 56° 23′ 30″.

Discussion des résultats de 1898. — La mission qui me fut confiée en 1898, sur la côte occidentale de Madagascar, avait un double but selon les instructions du général Gallieni, vérifier d'abord les positions géographiques de plusieurs points du littoral qui ne concordaient pas avec les itinéraires dressés par les officiers du corps expéditionnaire, déterminer ensuite les éléments magnétiques pour les navires de guerre qui visitaient les postes militaires disséminés sur le littoral. Les cartes marines se bornaient à enregistrer la déclinaison en deux points seulement, Maintirano et Morondava, observées la première en 1874, la seconde en 1886, dates légèrement antiques.

Laissant de côté l'exécution de la première partie astronomique du programme, nous développerons seulement la seconde au point de vue magnétique.

La déclinaison fut relevée en six stations : Majunga, puis les postes militaires de Tambohorana, Maintirano, Benjavilo, Tsimanandrafozana et Morondava. Un bateau de guerre, le *Pourvoyeur*, qui assurait alors la sécurité dans le canal de Mozambique nous transporta dans ces postes. Il est nécessaire pour bien se rendre compte des anomalies observées, d'analyser les valeurs obtenues en chacun de ces points et de décrire leur constitution géologique. On connaît la nature du sol de Majunga. Une bande de sable siliceux de 100 à 600 mètres de largeur supporte un massif d'argile rougeâtre ayant une altitude maximum de 32 mètres. Cette terre ne renferme pas de trace extérieure d'oxyde de fer comme dans le plateau central; les éléments magnétiques au témoignage de M. Favereau, présentent donc ici une régularité assez rare à Madagascar.

Le 12 septembre 1884, M. Favereau observa la déclinaison sur la plage de Majunga; il releva 12° 1′ 3″. Quatorze ans plus tard, après la conquête de l'île, les abords directs de la plage se trouvaient envahis par des constructions : un hôtel, la direction des postes et télégraphes, les travaux publics, le port, etc. Toutes ces habitations étaient con-

struites en fer et recouvertes en tôle galvanisée. Avec un voisinage si dangereux pour les boussoles, il fallait de toute nécessité s'installer ailleurs et hors de la ville. Nous choisîmes comme station la dépression de terrain situé entre le phare et l'hôpital militaire; cet endroit autrefois isolé est occupé actuellement par le pylône métallique de T. S. F. Nous obtînmes la déclinaison de 10° 0′ 48″ Nord-Ouest, valeur sensiblement égale à 5′ près à celle de M. Favereau, réduite à 1898 en admettant une variation annuelle de — 9′ (1).

La composante horizontale égalait 0,2507 en 1884; en réduisant cette valeur à 1898, d'après la variation annuelle de 0,00057 unités C. G. S., on aurait 0,24272. Nous relevâmes : 0,24697, en un endroit entièrement différent, il est vrai. Cet élément de 1884 est en désaccord complet avec notre résultat. L'inclinaison n'ayant pas été observée par M. Favereau, nous comparerons notre valeur 50° 47′ 27″ avec deux autres obtenues par un de mes collègues de l'Observatoire habitant Majunga en 1895. 10 septembre 1895. Première aimantation 51° 5′ 41″. Pôles renversés : 50° 31′ 6″. Inclinaison moyenne : 50° 48′ 23″. 7 octobre 1895. Première aimantation 51° 14′. Pôles renversés : 50° 33′ 30″. Inclinaison moyenne : 50° 53′ 45″. La moyenne des deux résultats serait de 50° 51′ 4″, et en réduisant à 1898 nous aurions 50° 47′ 4″; concordance parfaite qui affecte seulement les secondes d'arc (2).

Un terrain éruptif constitue la région située à l'Est de Tambohorana, Maintirano et Benjavilo. De la côte on aperçoit vers l'intérieur une série d'anciens volcans parallèles au littoral et situés à une centaine de kilomètres de distance. Leurs produits entraînés par les eaux des rivières et de leurs affluents jusque sur la plage du canal de Mozambique, tantôt émergent, le plus souvent sont recouverts de sables. A Tomboharana, en particulier, quelques-uns de ces blocs d'origine ignée atteignent un

(1) En octobre 1920, M. Brown releva à Majunga 6° 36′. Cette valeur comparée avec notre résultat donnerait une différence de 3° 25′ en vingt-deux ans, soit aussi 9′ 3″ de diminution annuelle.

(2) Les observations magnétiques de la composante horizontale et de l'inclinaison obtenues à Majunga par M. Brown en octobre 1920 indiquent une variation annuelle de — 0,00059 pour le premier élément, et de — 2′ 4″ pour le second.

volume d'un demi-mètre cube. Par suite des matières ferrugineuses qu'ils disséminent dans le sable, les éléments magnétiques subissent inévitablement des anomalies en ces lieux.

L'on ne remarque pas de dépôts éruptifs dans le delta de la Tsiribihina, à Tsimanandrafozana, mais en revanche, le fleuve, un des plus larges et des plus longs de Madagascar, charrie et abandonne sur ses rives une énorme quantité d'alluvions composées d'argile rouge et d'oxyde de fer magnétique titané, descendues principalement du Mahajilo, l'un de ses affluents. Ce voisinage agit nécessairement sur la boussole.

Morondava, isolé de tout massif volcanique et non exposé à des perturbations accidentelles, semble aussi régulier que Majunga.

Après avoir établi sommairement la constitution géologique de la contrée, nous allons examiner les résultats obtenus.

La déclinaison de Tambohorana, 11° 47′ 41″, indique une valeur faible, étant donné sa distance de Majunga, 300 kilomètres Sud, ainsi que la déclinaison de la dernière station. On pourrait assimiler ce point aux endroits ferrifères précédemment signalés, sur la côte orientale à Ampanotoamaizina, dans le plateau central à Mokajy, Ambohijanaka, Soavina, Soamahamanina, etc.

La composante horizontale participe à cette anomalie. Tambohorana se trouve approximativement à égale distance de Majunga et de Morondava, deux points réguliers; la déviation moyenne serait par conséquent de 17° 48′ 22″; or, le barreau dévie seulement de 17° 6′ 41″. La durée d'une oscillation de l'aimant devrait donner 3ˢ3597; or, on observe 3ˢ3440, valeur plus faible.

Enfin, le résultat moyen de la composante horizontale devrait égaler 0ˢ23199; nous obtenons 0ˢ23671, valeur bien supérieure.

Il eût été intéressant de connaître l'inclinaison de ce lieu parsemé de tous les côtés de scories volcaniques; malheureusement, nous fûmes interrompus dès le début de l'expérience par l'arrivée de la baleinière du bateau de guerre qui profitait de la marée haute pour venir nous prendre. Ayant mis six heures pour atterrir la veille à Tamhoborana, par suite du courant violent de la marée descendante, nous dûmes à

regret abandonner les opérations et réserver l'inclinaison pour le poste suivant de Maintirano.

La distance qui sépare Maintirano de Tambohorana égale 75 kilomètres Sud. On remarquera que la déclinaison 11° 19′ 30″ est encore moindre que celle de Tambohorana; suivant la règle ordinaire, cet élément devrait augmenter à mesure qu'on se dirige vers le Sud. Le contraire a lieu. En outre nous constatons ici également qu'un minimum de déclinaison suit un maximum, fait déjà signalé sur la côte orientale en 1896; au maximum d'Andévorante succède le minimum de Vatomandry.

Les cartes marines de 1886 donnent dans ces parages une déclinaison datant de 1874, 14° 30′; réduite de 3° 36′ en 1898, elle égalerait 10° 54′. Notre résultat la dépasse de 7′ 30″, valeur assez concordante.

L'inclinaison 53° 29′ 42″ indique sensiblement la moyenne entre celle de Majunga et de Morondava; cet élément semblerait régulier.

L'anomalie de la déclinaison s'explique par suite de la proximité de quelques centres volcaniques distants de 44 kilomètres Nord-Est de Maintirano [1].

Benjavilo, situé à 90 kilomètres Sud de Maintirano sur un petit delta formé par le Manambolo à son embouchure, recèle dans le sous-sol les derniers et rares débris volcaniques de la région. Sa déclinaison 12° 34′ 17″ se rapproche de l'isogone de 13° qui passerait non loin de là.

A Tsimanandrafozana, distant de 80 kilomètres Sud de Benjavilo, le barreau aimanté indique une déclinaison moindre encore de 10′, 12° 14′.

Cette anomalie doit être attribuée à l'oxyde de fer abondant que contiennent les matières limoneuses de cet estuaire, ainsi que nous l'avons signalé plus haut.

Les éléments magnétiques de Morondava paraissent réguliers à cause de la situation topographique que n'influencent ni le voisinage des volcans ni les apports de matières ferrugineuses par la rivière.

La déclinaison 14° 4′ 3″ Nord-Ouest, comparée avec celle de Majunga,

(1) Les mesures de M. Brown indiquent les variations annuelles suivantes : Maintirano, — 9′ déclinaison; Benjavilo — 11′, déclinaison en juin 1921.

donnerait une différence de 1° de déclinaison pour 140 kilomètres de Nord à Sud, valeur que présentent les isogones à Madagascar.

La déclinaison très vague de 17° qu'indiquent les cartes marines pour 1885 diffère de nos résultats de 1° en plus. En effet, réduite à l'année de 1898, elle serait de 15° environ. Nous avons trouvé 14°. La composante horizontale, 0,21701, et l'inclinaison 56° 23′ 30″ augmentent d'une manière normale [1].

Résumons les traits caractéristiques des résultats magnétiques obtenus en 1898 sur la côte occidentale : 1° Les deux stations de Majunga et de Morondava, exemptes de toute perturbation locale, peuvent être considérées comme régulières; 2° Contrairement aux faits observés dans les régions volcaniques du plateau central, ces foyers d'éruption exercent ici un champ perturbateur considérable qui se manifeste jusque sur le littoral, à cause de leurs débris ferrugineux entraînés, disséminés et désagrégés par les rivières et leurs affluents; 3° Les fleuves prenant leur source dans le plateau central et déposant à leur embouchure des alluvions chargées de latérites et d'oxyde de fer magnétique, causent à leur tour une perturbation, moindre toutefois que celle des produits volcaniques.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL DE LA DEUXIÈME PARTIE

Un résumé général des dix analyses précédentes, accompagné d'une carte des isogones isodynamiques et isoclines tracée d'après les résultats réguliers, montrera l'évolution progressive de nos connaissances en magnétisme. Par ces deux documents le lecteur se rendra compte de la distribution spéciale que présentent les éléments dans un pays où prédominent les accidents géologiques, l'oxyde de fer répandu dans le sol, sur les volcans éteints, dans les roches anciennes et récentes; par les résultats anormaux, il jugera du degré d'intensité des perturbations; par les cartes, il comparera la théorie avec la réalité des faits; par l'étude

(1) M. Brown observe les trois éléments magnétiques en une station différente, en juin 1921. Les valeurs obtenues indiquent une variation annuelle de — 12′, pour la déclinaison, de — 0,00060 pour la composante horizontale, de 0′ pour l'inclinaison, résultat anormal.

des phénomènes, il justifiera les anomalies, rattachera cet ensemble d'effets aux lois de la géophysique.

1° 1892. — Faute de nombreuses expériences, l'on ne s'étonnera pas que les conclusions des résultats obtenus en 1892 se confinent dans des remarques vagues. Les influences provenant des gîtes de fer à Ankeramadinika du massif argileux de Tangaina à Moramanga, la présence de montagnes éruptives dans la région de Beforona, permettent de constater que les perturbations observées antérieurement sur le littoral oriental affectent tout aussi bien l'intérieur de Madagascar, et que par conséquent, la distance de 50 kilomètres qui sépare les trois stations précédentes entre elles, suffisante peut-être en pays régulier, exige ici un réseau d'observations beaucoup plus étroit.

2° 1897. — Des six stations de 1897, celle d'Ampanotokana seule semble régulière; les autres présentent des irrégularités dues au voisinage de masses rocheuses ou ferrugineuses.

3° 1901. — De fortes perturbations s'exercent sur les boussoles dans les massifs volcaniques de l'Ankaratra, du Vontovorona et du Vavavato. La région orientale située en contre-bas de l'Ankaratra possède un champ magnétique plus régulier que celui de la région occidentale. Dans le plateau central, le rayon d'influence volcanique serait assez limité.

4° 1902. — Les sommets granitiques et volcaniques, les gîtes ferrifères, fournissent, les premiers, un excès de déclinaison vers l'Ouest; les seconds, une inclinaison anormale et une déclinaison variable, tantôt vers l'Est, tantôt vers l'Ouest; les troisièmes une déclinaison en défaut vers l'Est.

5° 1903. — Non seulement les mesures magnétiques deviennent irrégulières sur les montagnes granitiques, mais encore dans les stations situées au pied de ces centres perturbateurs.

Les gîtes de fer indiquent de nouveau une faible déclinaison; l'inclinaison et la composante horizontale ne semblent pas trop affectées par la présence du métal souterrain. Il n'en est pas de même des sols dans lesquels le fer oxydulé en grain abonde extérieurement; en pareil cas,

les particules métalliques unies à celles du sous-sol exercent une influence prononcée sur les trois éléments.

6° 1904. — Dans le voisinage des anciens volcans Nord de l'Ankaratra, les variations annuelles et la déclinaison sont tantôt trop fortes, tantôt trop faibles, cette inconstance supposerait peut-être des transformations, des changements continuels de densité dans les couches centrales révélés en ces lieux par nos instruments. L'ancien volcan de Rantoandro offre les plus étranges anomalies constatées à Madagascar.

7° 1905. — Les levés de 1905 confirment de tous points les conclusions 4 et 5.

Il semble que par leur agrégation minéralogique avec le fer ou d'une certaine constitution radio-active, les granites modifient le champ magnétique terrestre. Dans les endroits situés au pied de ces massifs, la montagne exerce une attraction sur le barreau; il est possible aussi que, par suite de l'accumulation sur le sol du fer oxydulé provenant du granite désagrégé par les eaux météoriques, la boussole se dirige vers ces amas métalliques. Dans les stations alluvionnaires éloignées de tout centre perturbateur, la déclinaison devient normale; pourtant l'inclinaison et la composante horizontale échappent parfois à toute régularité.

8° 1906. — Aux environs immédiats de Tananarive où le réseau des observations a été plus serré que partout ailleurs, les conclusions 4 et 7 sont pleinement confirmées. Le pilier magnétique actuel de l'Observatoire, érigé en 1901 sur un banc de quartzite, donne des résultats de déclinaison et d'inclinaison qui concordent avec ceux des stations alluvionnaires régulières.

9° 1892-96-1900. — Sur la côte orientale on remarque tantôt une hausse, tantôt une baisse alternative dans la déclinaison, aux six stations de Tamatave et Ampanotoamaizina, Andévorante et Vatomandry, Marosika et Mahanoro. Le phénomène se produit pour la composante horizontale depuis Tamatave jusqu'à Vatomandry inclusivement. L'inclinaison faible à Tamatave, augmente brusquement dans les autres endroits et acquiert son maximum à Vatomandry. Tamatave et Mahanoro semblent réguliers; Ampanotoamaizina et Vatomandry sont irréguliers, le

premier lieu par suite de la présence dans le sol de pyrites de fer, le second à cause des influences volcaniques. Andévorante et Marosika, si l'on en juge par l'énorme quantité d'eau accumulée dans ces deux régions, présentent un puissant affaissement géologique. En définitive l'inégale distribution des résultats magnétiques sur cette minime partie de la côte orientale de Madagascar, laisse présumer une série de soulèvements et d'effondrements internes, en outre de la fracture signalée par M. Albert de Lapparent.

10° 1898. — Sur la côte occidentale, Tambohorana, Maintirano et Benjavilo, peu éloignés d'anciens volcans dont les débris transportés par les rivières gisent sur les bords de la mer, subissent des influences accidentelles. A Tsimanandrafozana, malgré les dépôts limoneux d'argile et d'oxyde de fer, les perturbations acquièrent un degré d'intensité un peu moindre que dans les régions précédentes. Les deux stations de Majunga et de Morondava peuvent être rangées parmi les normales.

Ce n'est pas tout que d'avoir déduit quelques conclusions théoriques et générales des 500 mesures exécutées à travers Madagascar; de plus il a paru pratiquement utile de réunir et de coordonner les résultats réguliers sur une carte [1] de manière que le lecteur puisse jeter un regard d'ensemble sur la distribution du magnétisme dans la Grande Ile.

Dans le tracé des isogones, isodynamiques et isoclines, nous avons employé trois échelles différentes, à petit et à grand point, suivant le nombre des stations et la superficie de la région surélevée.

La première au 1 /6.000.000 réunit les quelques résultats obtenus sur les côtes orientale et occidentale; elle indique la direction générale que prennent les courbes de déclinaison, de composante horizontale et d'inclinaison en traversant la Grande Ile. Le deuxième, au 200.000e, détaille cette distribution dans le plateau central et fixe en même temps la position des centres importants de perturbations. Enfin, à cause des opérations magnétiques très serrées effectuées dans la région de Tananarive et de sa banlieue, on a établi les résultats sur une troisième carte à plus grande échelle que la précédente, au 50.000e.

(1) Voir les cartes à la fin du volume.

Examinons dans chacun de ces trois tracés : *a*) les courbes isogones, *b*) isodynamiques, et *c*) isoclines.

Première carte. a) Tout d'abord les éléments de cette carte ont été ramenés à l'année 1900. On a supposé régulières les stations côtières de Majunga et Morondava, Tamatave et Mahanoro; dans le centre Tananarive Observatoire, Antsirabé et quelques autres déjà signalées. Étant donné la rareté des stations régulières et leurs distances entre elles, nous avons exprimé la déclinaison seulement de degré en degré. Entre Majunga et Tamatave la différence égale 20′; cette valeur suppose l'isogone de 9° passant au Nord de ces deux points. Par sa direction inclinée, elle détermine la forme que prennent les courbes suivantes. L'isogone de 10° occupe le Sud de Majunga, se dirige vers le Nord de Tananarive et aboutirait non loin d'Andévorante sur la côte orientale. Celle de 11° commencerait au Cap Saint-André, selon toute probabilité traverse le plateau central à Antsirabé et descend du côté de Marosika. La courbe de 12° arrive à Tambohorana, passerait dans le pays Betsileo et aboutirait vers le Nord de Mananjary. Enfin, l'isogone de 13° partirait des Tsimanandrafozana et arriverait sur la côte orientale entre Mananjary et Farafangana.

Ce levé, de conception purement théorique, permet de juger de l'intensité des perturbations qui affectent certains points du littoral occidental et oriental. La différence de déclinaison de Tambohorana avec l'isogone régulière atteindrait — 1/2 degré, Maintirano — 1° 20′, Benjavilo — 20′, Tsimanandrafozana — 1°. Sur la côte Est Ampanotoamaizina — 2° 30′, Andévorante — 2° 20′, Vatomandry — 3° 14′, Marosika — 1° 24′. Nous donnerons plus loin les isogones de l'intérieur.

b) La carte isodynamique présente entre Majunga et Morondova une différence égale à 0,030 unités C. G. S. pour une distance de 566 kilomètres; la diminution du Nord au Sud serait de 0,001 pour chaque 190 kilomètres environ. De Tamatave à Mahanoro, la différence entre les deux résultats est de 0,003 d'où une décroissance de 0,001 par 60 kilomètres.

Dans l'hypothèse d'une distribution égale entre les termes extrêmes,

les isodynamiques seraient espacées sur la côte orientale, resserrées au contraire sur la côte occidentale. Si l'on se base encore sur ce levé théorique, Tambohorana aurait un écart de + 0,004 unités C. G. S.

Sur la côte Est, la différence d'Ampanotoamaizina égalerait — 0,003, Andévorante — 0,001, Vatomandry — 0,004.

c) Les isoclines de cette première carte ont été représentées de degré en degré comme les isogones. Majunga indique pour 1900 : 50° 43′; la ligne de 50° passe au Nord de ce point, 51° au Sud. L'isocline de 52° est déterminée par Andriba 52° 16′ et Tamatave 52° 47′. Suivant ces deux inclinaisons, elle arriverait au Sud du Cap Saint-André, passerait au Nord d'Andriba et aboutirait au Nord de Tamatave. L'isocline de 54° fixée par Tananarive, 53° 54′, commencerait au Sud de Maintirano, traverserait le Sud de la capitale malgache et rejoindrait Vatomandry. Celle de 55° indiquée par Antanifotsy, 54° 52′, et Mahanoro, 54° 58′, viendrait du Sud de Benjavilo, passerait au Sud de Antanifotsy et irait vers Mahanoro.

Enfin, 56° serait donné par Morondava; cette ligne tracée approximativement dans cette partie du plateau central où nous n'avons pas fait d'observations aboutirait probablement dans la région de Mananjary.

D'après ce levé, l'écart de Maintirano sur la côte occidentale égalerait — 30′ environ. Sur la côte orientale, Ampanotoamaizina aurait une différence de + 1° 40′, Andévorante + 45′, Vatomandry + 3°.

Deuxième carte. Le nombre des observations magnétiques du plateau central étant plus considérable que celui du littoral oriental et occidental, on a dû nécessairement adopter une carte à grande échelle et pu tracer les isogones de 30′ en 30′. Les éléments obtenus en des années différentes ont été ramenés uniformément à 1903, époque pendant laquelle le magnétographe de l'Observatoire a fonctionné. Analysons : *a*) les isogones, *b*) les isodynamiques, *c*) les isoclines.

a) L'isogone de 10° commence à la latitude de 18° 40′ et se prolonge jusque vers 19° 10′ inclusivement. Celle de 10° 30′ a son origine vers le parallèle de 19° 22′ et se termine à 19° 39′. Celle de 11° apparaît dès 19° 52′ de latitude. Les écarts de 1° ou 2° en dehors de 10° et de 11°

peuvent être considérés dans nos régions comme anomalies ordinaires locales, celles qui dépassent cette valeur supposent un centre de perturbation importante.

La carte isogonique présente un premier trait caractéristique sur lequel nous reviendrons dans l'analyse des lignes isodynamiques et isoclines. A partir de la station de Soanierana (Tananarive) jusqu'à 35 kilomètres vers le Nord-Nord-Est, la déclinaison oscille entre 9° et 11°. En outre cette irrégularité se propage vers le Sud-Sud-Ouest dans la direction du massif de l'Ankaratra, comme si le long de cette ligne de 64 kilomètres qui correspond exactement au grand axe de l'île, une force sous-jacente et inégale rejetait la boussole tantôt vers le Nord, tantôt vers l'Ouest. Voici du reste les résultats que donnent les stations échelonnées dans cette direction. Soanierana : 5° 28′; Mahazoarivo 11° 57′; en remontant vers le Nord-Nord-Est, Ampanantonandoha 9° 27′, Ambatofotsy 9° 40′, Ambatomahamanina 9° 12′, Ambohibemasoandro 9° 40′, Baka 9° 25′; dans le voisinage de cette région, Ambohimiadana 11° 43′, Antanetilava 10° 53′, Manajary 10° 51′.

En descendant vers le massif de l'Ankaratra à partir de Soanierana, Antanjombato 9° 16′, Ankadisoa 9° 8′, Ankadivoribé 11° 4′, Ampany 10° 58′, Ambohidava 11° 48′, Fehibé et Ambohimiadana 9° 35′. Toutes ces valeurs sont supérieures ou inférieures à l'isogone de 10°.

Le Père Muthuon auquel nous avons fait part de cette étrange direction de la boussole, nous fait remarquer : 1° que vers Soanierana et au Sud de Tananarive les dislocations et failles dans le sous-sol apparaissent d'une manière manifeste. Les bandes granitiques traversant le gneiss produisent des failles. « Les quartzites du mont Ambohitraina s'enfoncent et disparaissent vers Tananarive. » Cet accident géologique, confirmé par les anomalies de la boussole, est assurément très instructif. 2° La direction des aimants du Sud-Sud-Ouest au Nord-Nord-Est depuis l'Ankaratra jusque vers Baka, coïncide approximativement avec un maximum de bandes granitiques orientées du Sud-Sud-Ouest au Nord-Nord-Est et se prolongeant sous le massif de l'Ankaratra. D'après ce fait et les déductions précédentes, on pourrait conclure que les stations

magnétiques situées sur la ligne de bandes granitiques auraient une déclinaison refoulée vers l'Ouest, à cause du fer que contiennent les roches; lorsqu'on s'écarte de cette zone, un minimum se produit, la boussole se rapproche du Nord.

Une deuxième remarque non moins intéressante mérite de fixer l'attention. Au lieu de réunir les isogones de 10° dans la direction normale d'Est à Ouest, suivant les latitudes, joignons par des traits les stations qui ont cette même valeur, mais suivant les méridiens, à savoir de Nord à Sud. L'on obtient ainsi sur cette superficie six lignes magnétiques principales de 10°. Les trois premières situées à l'Ouest de Tananarive ont une forme presque symétrique entrecoupée de sinuosités. Toute déviation est causée par la rencontre d'une haute montagne magnétique, parfois même d'une simple colline extérieurement argileuse qui interrompt l'uniformité du champ magnétique tantôt vers l'Est, tantôt vers l'Ouest, suivant une ligne de force inconnue. Au point de vue topographique, remarquons que cette région se compose de grandes plaines entrecoupées par des chaînes montagneuses.

La quatrième ligne isomagnétique suit sensiblement le Méridien Nord de l'Observatoire pendant 30 kilomètres, depuis Maharidaza du Nord, Ambohimanga, Manankasina, Namehana, Ilafy jusqu'à Ambatobé. D'après le résultat obtenu à Ampanantonandoha, au lieu de continuer à gravir le massif Nord de l'Observatoire, elle cesse brusquement, décrit un coude vers la capitale à Faravohitra (Tananarive), de là rejoint notre pilier magnétique, puis continue sa marche vers le Sud, à Mahatsinjo.

Avant de préciser la direction que prennent les deux dernières lignes isomagnétiques, signalons cette particularité topographique; elle traverse une région composée de massifs généralement granitiques et par conséquent accidentée; il n'est donc pas étonnant que leur forme diffère complètement d'après les remarques précédentes. Sur la ligne qui unit Ambohidrano, Soamanandray Nord-Est et Soamanandrarina, l'isomagnétique suit une direction parallèle à la zone qui présente une force perturbatrice. En se heurtant au massif granitique de l'Ankatso, elle

tourne à angle aigu vers le Sud-Est, puis se dirige vers le Sud à Miadamanjaka. La dernière ligne part d'Ambodivondroa, s'infléchit à Alarobia, exécute un deuxième coude à Maharidaza et aboutit à Antanamalaza.

Les stations du réseau Sud trop espacées entre elles ne permettent pas de suivre en détail la direction des isomagnétiques, ni de contrôler les deux remarques précédentes en cette région.

b) Deuxièmement, étudions les tracés de la carte isodynamique. Il y a lieu de rappeler que nous avons conservé seulement les trois premières unités du nombre fractionnaire, qui représentent la composante horizontale, en forçant le troisième chiffre lorsque la quatrième décimale se rapproche de 9. Les conditions dans lesquelles s'exécutent les expériences de l'intensité sont loin d'être toujours favorables dans le plateau central; ainsi, faute d'arbres et d'ombrages, l'obligation d'opérer en plein soleil et en plein vent s'impose, ce qui peut faire varier le moment magnétique de l'aimant et modifier son oscillation. Il serait illusoire en ces cas de prétendre à une précision plus grande que la troisième décimale, la quatrième étant déjà sujette aux erreurs personnelles et instrumentales.

En outre le procédé peu usité au moyen duquel nous avons tracé les courbes isodynamiques demande une description spéciale. Au milieu des influences complexes qui troublent les éléments de l'intensité dans nos régions, il est parfois très difficile de démêler la valeur principale des variations secondaires. Voici la méthode que nous avons employée en des circonstances si fastidieuses. Nous appuyant sur la courbe de 0,224 qui suit une marche assez régulière, nous avons uni par des lignes les stations donnant la valeur de 0,225; les mêmes opérations ont été effectuées pour 0,226, 0,227 et 0,228. Traçant ensuite à vue une sorte de résultante ou de ligne moyenne qui rectifie les sinuosités et annule les variations particulières, on obtient ainsi cinq courbes dirigées de l'Ouest à l'Est. Les écarts en dehors de cette ligne conventionnelle sont considérés comme anomalies ordinaires ou extraordinaires. Ce nouveau tracé des isodynamiques ayant été établi, analysons les phénomènes d'intensité qui se produisent dans la zone de perturbation signalée plus

haut. La mesure de l'intensité de la pesanteur se déduit, comme on le sait, des oscillations du pendule composé. Or, dans les expériences de la composante horizontale, on fixe aussi la durée en secondes, dixième, centième, voire même millième d'une oscillation de l'aimant, ainsi que nous l'avons indiqué au début de ce travail. Le fil de suspension conservant une longueur invariable (à condition qu'on ne touche point au treuil qui l'enroule), ce minuscule pendule dont la masse est formée par l'aimant, révèle encore très probablement la variation de densité qui affecte les couches terrestres et par suite les dislocations, failles et autres accidents du sous-sol. Or, voici les résultats typiques obtenus sur cette portion du grand axe; l'oscillation du barreau aimanté augmente depuis Tananarive-Soanierana jusqu'à Ambohibemasoandro Nord-Nord-Est d'une part; d'autre part, jusqu'à Ambohimiandra au Sud-Sud-Ouest, direction de l'Ankaratra. Les valeurs suivantes réduites à l'année 1903 ne laissent aucun doute à ce sujet. Dans la direction Nord-Nord-Est, Tananarive-Soanierana 3^s565; Tananarive Observatoire 3^s589; Ilafy 3^s606; Ambatofotsy 3^s622; Namehana 3^s624; Soamanandray Nord-Est 3^s628; Ambatomahamanina (centre de perturbation) 3^s579; Ambohidrano et Antanetilava 3^s633; Mananjary 3^s636; Ambohimiadana 3^s659; Ambohibemasoandro 3^s662. Dans la direction Sud-Sud-Ouest, vers l'Ankaratra, Antanjombato 3^s578; Ambohijoky 3^s616; Tsirangaina 3^s634; Ambohimiandra 3^s657.

Comme conséquence, les résultats de la composante horizontale se ressentent de cette progression croissante des oscillations, et indiquent les valeurs suivantes : vers le Nord-Nord-Est, Tananarive-Soanierana, 0,23106; Tananarive Observatoire, 0,22949; Ilafy, 0,22938; Ambatofotsy, 0,22692; Namehana, 0,22558; Soamanandray Nord-Est, 0,22714; Ambatomahamanina, 0,2322; Ambohidrano, 0,22608; Antanetilava, 0,22663; Manajary, 0,22548; Ambohimiadana, 0,22259; Ambohibemasoandro, 0,22385. Vers le Sud-Sud-Ouest, Antanjombato, 0,22536; Ambohijoky, 0,22639; Tsirangaina, 0,22483; Ambohimiandra, 0,22254.

A part les deux stations de Soamanandray et Ambohijoky, il est certain qu'un champ d'intensité magnétique croissante manifeste sa

présence depuis Soanierana jusqu'à 35 kilomètres vers le Nord-Nord-Est et 29 kilomètres vers le Sud-Sud-Ouest.

c) Troisièmement, le tracé des isoclines divisé de 30′ en 30′ comme la déclinaison a offert moins de difficultés que celui des isodynamiques.

La valeur de 54° commence vers 18° 43′ de latitude et se termine vers 19° 6′; celle de 54° 30′ apparaît dès 19° 15′ et se manifeste jusqu'à 19° 31′; celle de 55° survient dès 19° 48′; celle de 55° 30′, à 19° 52′.

La zone perturbatrice précédente exerce également son action sur les résultats de l'inclinaison qui varient de 51° à 55°. Ainsi, Tananarive-Soanierana, 51° 2′; Ampohipotsy, 55° 12′; Isotry, 54° 52′; Ambatobé, 54° 40′; Ambatofotsy, Namehana et Ambodifasana, 54° 30′; Ambohimiadana, 54° 50′; en allant vers l'Ankaratra, Antanjombato, 54° 55′; Soavina, 54° 59′; Alasora, 54° 51′; Ankadivoribé, 54° 19′; Ambohijoky, 53° 53′; Ambohimiandra, 54° 29′.

De plus il convient de signaler à l'Ouest et à l'Est de Tananarive-Soanierana, encadrée dans l'isocline de 54°, toute une bande qui présente la valeur supérieure de 55°. Elle comprend à l'Ouest les stations de Fénoarivo, 55° 5′; Fenomanana et Masindray, 54° 48′; Ambohimangakely, 54° 53′. A l'Est, Ambatoroka 56° 9′, Ambohipeno 55° 2′, Ambohimipangitra 55° 13′, Antsahamarina 54° 40′. Cette zone d'action isolée qui a la propriété d'attirer avec plus d'intensité que d'ordinaire vers le sol le pôle Nord de l'aiguille d'inclinaison, serait-elle produite par un courant tellurique ou par quelque accident géologique? En vérité les données nous manquent pour résoudre ce dernier problème; toutefois, comme compensation, un document nouveau et instructif élucide d'une manière satisfaisante le champ perturbateur Sud-Ouest-Nord-Est longuement mis en relief.

Dans une intéressante étude sur les alignements granitiques (*Bulletin de l'Académie malgache*, année 1914, page 73), le Père Muthuon mentionne entre autres une bande qui part d'Antanjombato, traverse en diagonale les versants Sud-Ouest et Nord-Est de l'Observatoire, ainsi que le massif gneissique de l'Ankatso. Cette particularité, rapprochée

des résultats magnétiques obtenus en ces lieux, permet d'expliquer plusieurs anomalies.

En effet, les roches éruptives se sont soulevées vers la périphérie, lieu de moindre résistance, à travers des failles et des dislocations des couches qui dévient vers le Nord les courants magnétiques, sous l'effet de la force centrifuge et de la rotation terrestre, et qui diminuent la déclinaison, malgré la forte teneur en fer contenue dans ces énormes masses. Les levés de la boussole en ces trois stations justifient l'exactitude de cette assertion. A Antanjombato on observe 8° 9′ 20″, à la roche granitique Nord-Est de l'Observatoire (station du début) 6° 35′, Andraisora éloignée d'une cinquantaine de mètres de l'alignement 9° 4′ 59″.

Ces déclinaisons comparées à la moyenne de l'Observatoire (pilier actuel sur un banc de quartz), 9° 35′ sont relativement faibles.

Bien plus, en prolongeant sur la carte ce même alignement granitique qui mesure 30° Nord-Est avec le méridien géographique, l'on rencontre les stations magnétiques d'Ambatomahamanina 8° 54′ 40″, et d'Ambohibemasoandro 9° 22′, qui semblent faire partie du même axe éruptif.

A cause de leur concordance entre l'azimut de 30° environ et la valeur minimum de la déclinaison, groupons quelques autres bandes distinctes et parallèles; elles se composent des stations suivantes : *a*) lignes Ouest de Tananarive, Fiakarana 9° 33′; Ambohijanahary 8° 49′; Ambohisasana 9° 41′; *b*) Ambaniala 9° 31′; Andohatapenaka 9° 49′; *c*) ligne de Tananarive, Soaneriana 5° 28′; Anjanahary 9° 27; *d*) ligne Est de Tananarive, Ankadisoa 9° 8′; Alasora 8° 29′; Ambohipeno 9° 30′; Maharijano 9° 43′; *e*) Ambohijanaka 9° 28′; Soavina 9° 45′; Manjakandriana 8° 46′; *f*) Antsahamarina 9° 30′; Ambatomaranitra 8° 6′.

Ces quelques faits donnent lieu de croire que les bancs granitiques interrompus extérieurement se continuent dans le sous-sol avec leurs dislocations propres; ils signalent en ce cas leur présence par une déclinaison minimum, bien qu'aucun indice d'éruption n'apparaisse à la surface. Ensuite ces alignements parallèles au grand axe de Madagascar, à la

côte orientale et aux deux arêtes faîtières du versant oriental, se suivant sur une assez longue distance, laissent entrevoir une corrélation entre la structure de l'île et le sens des mouvements primitifs de son écorce. Selon toute probabilité, les stations granitiques qui présentent au contraire une déclinaison maximum se trouvent isolées de ces accidents géologiques; dès lors les oxydes de fer contenus dans le granite influent directement sur les aimants.

Les levés magnétiques très serrés exécutés autour de Tananarive permettent de conclure que la plupart des anomalies de la boussole doivent être attribuées, très probablement, à de nombreux accidents géologiques. Ainsi se prêtent un mutuel appui les deux branches scientifiques du magnétisme et de la géologie qui étudient les phénomènes terrestres; l'une vérifiant par l'expérience les inductions fondées de l'autre.

Troisième carte. a) La carte isogonique des environs de Tananarive, dressée de 30′ en 30′, indique d'abord deux foyers de perturbations ayant une valeur de 9°, à Andraisora et à Ambohipeno. La ligne 9° 30′ passe à Soamanandrarina et le Nord d'Andralanitra situés au Nord-Est et à l'Est d'Andraisora; à l'Observatoire et à Ambohipo du côté Ouest et Sud. La courbe de 10° part d'Ambatobé, traverse Ambatoroka (Ouest de l'Observatoire), et aboutit à Mahatsinjo. Jusqu'ici le massif de la capitale n'a point encore été atteint. L'isogone de 10° 30′ commence à Ankadifotsy et longe très probablement la partie inférieure de Tananarive (chemin de ceinture actuel). La courbe de 11° pénètre à Isotry (Ouest de la ville); se dirige sur Ambohipotsy et Mahazoarivo où elle s'élève au maximum de 11° 30′. Or, entre ces deux dernières courbes de 10° 30′ et 11°, vient s'intercaler une ligne de 9° 30′ qui suit l'arête de Faravohitra jusqu'à Andohalo, point de jonction des deux branches Nord et Nord-Ouest de Tananarive.

Les trois stations anormales de Soanierana qui accuse 5°, Alasora 8°, Antanjombato 8° 50′, supposent une variation rapide de la boussole dans leur voisinage.

En définitive dans les environs de Tananarive, sur une petite superficie de 25 kilomètres carrés exposée à l'influence de massifs et de bancs gra-

nitiques, l'on compte six foyers perturbateurs qui modifient le champ normal isogonique. D'après cette faible comparaison, que d'innombrables foyers doit contenir Madagascar, d'une superficie de 592.000 kilomètres carrés.

b) A leur tour, les courbes isodynamiques présentent une complexité non moins remarquable. Tananarive-Soanierana accuse un minimum de composante horizontale. 0,2345 unités C. G. S., Ambohipotsy, situé à 1.600 mètres au Nord-Nord-Est, un maximum de 0,2207. La différence 0,014 millièmes de dyne suppose un fort gradient dans le tracé des isodynamiques. La ligne de 0,231 passe à l'Observatoire et à l'Ouest d'Ambohijanahary. Celle de 0,229 à Nosizato et Antanjombato, puis, dans l'intérieur de la ville à Andohalo, Faravohitra et à Soamanandrarina; 0,228 à Ampanantonandoha; 0,227 à Mahatsinjo, Mahazoarivo et le Nord d'Andralanitra; 0,226 à Andohatapenaka, Isotry, Ambohipo et Anbohipeno; 0,225 à Andraisora; 0,224 à Ambatobé et Ambatoroka; 0,223 à Alasora; 0,221 à Ambohipotsy.

Finalement on remarque autour de Tananarive cinq centres perturbateurs d'intensité magnétique, Soanierana, Ambohipotsy, Isotry, Andraisora et Alasora.

c) Les isoclines varient de 53° à 56° aux environs de la capitale malgache. On ne relève 53° qu'en un seul point, à Mahatsinjo, Nord-Est d'Alasora; 53° 30′ à l'Ouest d'Ambohijanahary; 54° à l'Observatoire, Ambohipo, Andraisora, Soamanandrarina, Ampanantonandoha, Ankadifotsy, Faravohitra et Andohalo, total 8 stations, ce qui confirme la prédominance de cette isocline; 54° 30′ apparaît à Nosizato, Andohatapenaka, Ambatobé, Nord d'Andralanitra, Mahazoarivo; 55° à Antanjombato, Alasora, Ambohipeno, Isotry, Ambohipotsy; 56° à Ambatoroka.

Si nous comparons nos propres observations avec celles de M. Brown (Carnegie Institution) en 1920 et 1921, nous trouvons que la variation annuelle de la déclinaison diminue de 7′ à Andévorante et Tamatave; 8′ à Tananarive, Antsirabé, Vatomandry; 9′ Majunga, Moramanga, Maintirano; 10′ Ankazobé, Andriba, Betafo, Mahanoro, Tsimanandrafozana; 11′ Benjavilo; 12′ Morondava. Abstraction faite des anomalies

locales, ces résultats démontrent que la variation annuelle de la boussole augmente d'Est à Ouest.

L'inclinaison concorde sensiblement à Vatomandry et Andriba circonstance qui laisse deviner des stations différentes. La variation annuelle de l'inclinaison diminuerait de 2′ 4 à Majunga 2′ 5 à Tananarive et Andévorante; 2′ 7 à Tamatave, d'après nos propres observations; 2′ 8 à Ankazobé; 3′ à Moramanga; 3′ 1 à Antsirabé; 3′ 2 à Mahanoro; 4′ 6 à Betafo, station différente. D'après ces résultats, la variation annuelle de l'inclinaison augmente de l'Ouest à l'Est, à l'inverse de celle de la déclinaison.

La variation annuelle de la composante horizontale est très faible, 0,00029, à Betafo, station différente. Tamatave, à 150 mètres Sud de la station de 1892, indique une diminution de 0,00047 unités C. G. S.; Moramanga : 0,00048; Tananarive 0,00056; Andévorante 0,00058; Majunga 0,00059; Morondava 0,00060; Antsirabé 0,00063; Mahanoro 0,00064; Ankazobé 0,00067; Andriba 0,00068; Vatomandry, station différente, 0,00088. La variation annuelle de la composante horizontale semble augmenter d'Est à Ouest, comme la déclinaison.

TROISIÈME PARTIE

Dans les pages précédentes nous avons déterminé les valeurs absolues des éléments magnétiques en des stations différentes, sur des couches géologiques diverses; elles ont été observées à n'importe quelle époque et quelle heure de la journée. La troisième partie de ce travail contiendra les résultats obtenus à poste fixe sur le pilier magnétique de l'Observatoire. Elle sera divisée en deux chapitres. Dans le premier, des tableaux numériques contiendront les valeurs absolues des trois éléments, obtenues toutes les semaines de 1902 à 1922. Incidemment nous ajouterons, dans les résumés, les observations intermittentes faites depuis 1890 jusqu'à 1902. Cet ensemble de résultats sera suivi d'une discussion.

Dans le deuxième chapitre, nous décrirons la marche diurne et mensuelle du déclinomètre et du bifilaire, d'après les diagrammes du magnétographe. De nombreuses remarques mettront en lumière les phénomènes relevés.

CHAPITRE PREMIER

Recherche et choix définitif d'un emplacement normal sur la montagne de l'Observatoire.

Après avoir achevé la construction de l'Observatoire, installé les instruments météorologiques et astronomiques, il restait à connaître la valeur des trois éléments magnétiques, selon le programme que nous nous étions tracé dès notre arrivée à Madagascar. Nous observâmes la déclinaison sur une roche magnétique distante de 60 mètres Nord de la lunette méridienne, située sur le versant Est de la montagne, offrant une

surface de deux mètres carrés. En vérité, le choix de cet emplacement ne fut pas heureux; trompé par les apparences d'une situation avantageuse, nous étions tombé involontairement sur un foyer perturbateur.

Le Père Muthuon, qui a étudé les roches isolées de ce sommet, a remarqué que cette émergence granitique fait justement partie d'un alignement qui part de la station d'Antanjombato, passe en cet endroit et se dirige vers Soamanandrarina à 3 kilomètres Nord-Est de distance. Un tel soulèvement géologique suppose dans le sous-sol des dislocations qui interceptent la direction régulière du champ magnétique, dévient les courants terrestres et amoindrissent la déclinaison. En effet, la moyenne de plusieurs expériences de déclinaisons obtenues sur cette roche indiqueront en 1890 : 9° 47′ 31″ Nord-Ouest. Cette valeur, comparée par M. Moureaux avec les cartes isogoniques, dévoilait une discordance considérable de 3°. Il nous conseille de déterminer la déclinaison sur un autre point de la montagne.

Dès 1893, nous nous installions sur un deuxième pilier en pierre à 50 mètres Sud de l'Observatoire; en cet endroit nous relevions d'ordinaire la composante horizontale et l'inclinaison. La déclinaison différa de + 1° 19′ 53″ avec la première station. Quoique se rapprochant de l'isogone de 13° fixée par les cartes, cette deuxième valeur nous fit soupçonner une distribution inégale de cet élément, selon certains points localisés de la montagne. Les faits confirment ces prévisions, comme nous l'avons dit au début de la première partie. En particulier, à 50 mètres Nord-Ouest de l'Observatoire et à 40 mètres Nord-Ouest du premier pilier, nous obtenions sur un banc de quartzite (pilier actuel) la déclinaison maximum de 12° 45′ 42″, soit 2° de plus que sur le pilier Sud et 3° 19′ 53″ de plus que sur le premier. On se contenta de repérer ce troisième endroit sans l'adopter définitivement. Le résultat obtenu au deuxième pilier représentait la moyenne entre les deux extrêmes 9° et 12°. Nous appuyant à tort sur cette spécieuse considération, nous continuâmes d'observer sur ce pilier les trois éléments en 1893 et durant les premiers mois de 1894.

La guerre franco-malgache éclata sur ces entrefaites; l'Observatoire

et ses piliers magnétiques furent démolis. En 1900, après la reconstruction de l'édifice, nous reprîmes les expériences de la déclinaison en ce deuxième endroit. Hélas! nouvelle et pire déception! Le résultat, 10° 55′ 25″ obtenu le 16 février, démontrait que la boussole était cette fois influencée par le voisinage de la coupole en tôle d'acier. En effet, la déclinaison moyenne de 1893 avait égalé 10° 51′ 17″; en 1894 : 10° 40′ 46″. Contrairement aux lois ordinaires cet élément augmentait au lieu de diminuer. Aucun doute possible; le barreau aimanté se dirigeait vers la masse de fer voisine. Dès notre retour d'un voyage en France en 1901, nous construisions un pilier définitif, sur le troisième emplacement repéré et ci-dessus mentionné. Par les résultats comparatifs des deux premières stations, il était possible d'utiliser les observations antérieures de la déclinaison et de les réduire à celle de l'emplacement actuel; quant à celles des deux autres éléments, à défaut de termes comparatifs, nous les donnons sans aucune retouche et avec leurs valeurs respectives.

On nous pardonnera la longueur de ces quelques digressions absolument nécessaires pour justifier les changements opérés en 1893 et 1901. Nos successeurs ayant à choisir une station magnétique dans une contrée sujette à des perturbations locales et dûment avertis de la présence possible d'accidents géologiques et de substances métallifères dans le sous-sol, se mettront en garde, étudieront les terrains et ainsi ne tomberont pas dans nos errements personnels.

Les tableaux suivants renferment toutes les mesures magnétiques absolues faites à l'Observatoire depuis 1902 jusqu'à 1922 inclusivement.

On trouvera à la fin un résumé de tous ces résultats avec leurs variations annuelles. Nous les avons fait précéder de quelques mesures antérieures obtenues en 1890, 1892, 1893 et 1894.

Mesures absolues. — Déclinaison.

DATES		HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
1902				
Avril	26	7 h. 45 à 8 heures	10° 23′ 0″	
Mai	2	6 h. 45 à 7 heures	10° 22′ 7″	Moyenne : 10° 19′ 40″.
—	7	6 h. 50 à 7 h. 8	10° 19′ 11″	
—	14	7 h. 7 à 7 h. 14	10° 18′ 8″	
—	23	6 h. 50 à 7 h. 7	10° 24′ 49″	
—	29	6 h. 45 à 0 h. 0	10° 16′ 15″	
Juin	6	6 h. 40 à 6 h. 53	10° 19′ 52″	Moyenne : 10° 19′ 1″.
—	12	6 h. 55 à 7 h. 10	10° 18′ 8″	
—	13	6 h. 45 à 7 heures	10° 19′ 7″	
—	18	6 h. 45 à 7 heures	10° 20′ 19″	
—	25	16 h. 30 à 16 h. 45	10° 17′ 41″	
Juillet	2	16 h. 15 à 16 h. 30	10° 16′ 7″	Moyenne : 10° 16′ 40″.
—	9	16 h. 25 à 16 h. 40	10° 17′ 30″	
—	16	16 h. 0 à 19 h. 20	10° 16′ 38″	
—	23	16 h. 40 à 16 h. 55	10° 19′ 9″	
—	31	16 h. 0 à 19 h. 20	10° 7′ 0″	
Août	2	16 h. 25 à 16 h. 40	10° 7′ 7″	Moyenne : 10° 14′ 57″.
—	6	16 h. 0 à 16 h. 20	10° 16′ 37″	
—	12	16 h. 10 à 16 h. 25	10° 14′ 45″	
	21	16 h. 13 à 16 h. 30	10° 15′ 30″	
—	27	16 h. 10 à 16 h. 25	10° 21′ 49″	
Septembre	3	8 h. 5 à 9 h. 3	10° 14′ 4″	Moyenne : 10° 14′ 26″.
—	10	7 h. 30 à 7 h. 45	10° 15′ 41″	
—	17	16 h. 20 à 16 h. 35	10° 13′ 34″	
Octobre	2	15 h. 45 à 16 h. 0	10° 8′ 34″	Moyenne : 10° 11′ 12″.
—	11	7 h. 25 à 7 h. 40	10° 8′ 45″	
—	14	16 h. 5 à 16 h. 20	10° 12′ 34″	
—	22	16 h. 45 à 17 h. 0	10° 10′ 38″	
—	29	12 h. 15 à 12 h. 30	10° 15′ 30″	
Novembre	5	12 h. 5 à 12 h. 20	10° 9′ 41″	Moyenne : 10° 11′ 3″.
—	12	11 h. 45 à 12 h. 0	10° 11′ 26″	
—	20	11 h. 10 à 11 h. 25	10° 12′ 0″	
—	26	11 h. 25 à 11 h. 40	10° 11′ 7″	
Décembre	3	16 h. 15 à 16 h. 30	10° 13′ 49″	Moyenne : 10° 11′ 40″.
—	12	13 h. 0 à 13 h. 15	10° 9′ 45″	
—	17	16 h. 35 à 16 h. 50	10° 12′ 11″	
—	24	11 h. 45 à 12 h. 0	10° 8′ 34″	
—	31	8 h. 45 à 9 h. 0	10° 14′ 4″	
1903				
Janvier	7	11 h. 50 à 12 h. 0	10° 8′ 30″	Moyenne : 10° 10′ 50″.
—	14	7 h. 15 à 7 h. 25	10° 15′ 04″	
—	23	11 h. 50 à 12 h. 0	10° 9′ 56″	
—	29	12 h. 30 à 12 h. 45	10° 9′ 52″	
Février	4	12 h. 45 à 13 h. 0	10° 10′ 4″	Moyenne : 10° 9′ 47″.
—	18	11 h. 10 à 11 h. 20	10° 9′ 30″	
Mars	12	16 h. 0 à 16 h. 15	10° 7′ 45″	Moyenne : 10° 9′ 54″.
—	18	11 h. 15 à 12 h. 12	10° 7′ 45″	
—	21	9 h. 10 à 9 h. 30	10° 13′ 22″	
—	25	11 h. 45 à 10 h. 55	10° 9′ 45″	
Avril	3	11 h. 50 à 12 h. 10	10° 9′ 11″	Moyenne : 10° 8′ 27″.
—	8	11 h. 50 à 12 h. 10	10° 11′ 7″	
—	15	11 h. 25 à 11 h. 40	10° 8′ 26″	

Mesures absolues. — Déclinaison (*suite*).

	DATES	HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Avril	22	11 h. 45 à 12 h. 5	10° 7′ 34″	Moyenne : 10° 8′ 27″.
—	28	12 h. 10 à 12 h. 25	10° 6′ 0″	
Mai	6	11 h. 30 à 11 h. 45	10° 8′ 49″	
—	14	13 h. 35 à 13 h. 52	10° 6′ 52″	
—	20	7 h. 48 à 8 h. 0	10° 9′ 49″	Moyenne : 10° 9′ 0″.
—	27	12 h. 5 à 12 h. 20	10° 10′ 30″	
—	28	8 h. 10 à 8 h. 25	10° 10′ 0″	
Juin	4	12 h. 10 à 12 h. 30	10° 8′ 30″	
—	11	8 h. 0 à 8 h. 20	10° 8′ 15″	
—	12	12 h. 38 à 12 h. 52	10° 9′ 22″	Moyenne : 10° 7′ 48″.
—	17	11 h. 49 à 12 h. 10	10° 8′ 15″	
—	26	14 h. 40 à 14 h. 55	10° 5′ 7″	
Juillet	1	11 h. 35 à 11 h. 50	10° 7′ 19″	
—	10	11 h. 55 à 12 h. 7	10° 8′ 37″	
—	15	11 h. 40 à 11 h. 50	10° 8′ 7″	Moyenne : 10° 7′ 23″.
—	22	11 h. 40 à 11 h. 55	10° 8′ 0″	
—	29	16 h. 8 à 16 h. 20	10° 4′ 56″	
Août	4	11 h. 10 à 11 h. 20	10° 8′ 49″	
—	12	11 h. 45 à 12 h. 0	10° 9′ 30″	Moyenne : 10° 9′ 7″.
—	18	11 h. 40 à 11 h. 55	10° 8′ 56″	
—	25	11 h. 0 à 11 h. 16	10° 9′ 15″	
Septembre	2	12 h. 5 à 12 h. 20	10° 7′ 11″	
—	8	11 h. 15 à 11 h. 28	10° 9′ 4″	Moyenne : 10° 6′ 18″.
—	13	13 h. 20 à 13 h. 30	10° 6′ 30″	
—	26	16 h. 45 à 16 h. 0	10° 2′ 30″	
Octobre	3	13 h. 10 à 13 h. 20	9° 59′ 37″	
—	10	14 h. 20 à 14 h. 40	9° 58′ 7″	
—	17	15 h. 15 à 15 h. 25	10° 2′ 26″	Moyenne : 9° 59′ 26″.
—	24	14 h. 0 à 14 h. 10	9° 57′ 34″	
—	31	15 h. 30 à 15 h. 44	9° 38′ 0″	
Novembre	7	14 h. 30 à 14 h. 40	9° 58′ 34″	
—	14	8 h. 20 à 8 h. 35	10° 6′ 26″	Moyenne : 10° 2′ 39″.
—	21	11 h. 45 à 12 h. 0	10° 1′ 23″	
—	28	11 h. 25 à 11 h. 38	10° 4′ 15″	
Décembre	5	11 h. 25 à 11 h. 38	10° 3′ 22″	
—	9	11 h. 20 à 11 h. 35	10° 4′ 22″	
—	19	12 h. 45 à 12 h. 55	9° 59′ 55″	Moyenne : 10° 2′ 49″.
—	23	12 h. 14 à 12 h. 25	9° 59′ 45″	
—	30	8 h. 15 à 8 h. 29	10° 6′ 41″	
		1904		
Janvier	8	11 h. 20 à 11 h. 34	10° 4′ 56″	
—	15	12 h. 0 à 12 h. 14	9° 59′ 11″	Moyenne : 9° 59′ 48″.
—	22	11 h. 52 à 12 h. 7	9° 57′ 52″	
—	29	12 h. 0 à 12 h. 15	9° 57′ 15″	
Février	5	11 h. 10 à 11 h. 25	10° 0′ 22″	
—	12	11 h. 35 à 11 h. 46	9° 58′ 52″	Moyenne : 9° 59′ 44″.
—	19	11 h. 45 à 11 h. 58	10° 0′ 23″	
—	27	11 h. 35 à 11 h. 50	9° 59′ 22″	
Mars	4	11 h. 40 à 11 h. 52	9° 58′ 49″	
—	11	11 h. 25 à 11 h. 39	10° 0′ 52″	
—	18	11 h. 15 à 11 h. 30	9° 59′ 37″	Moyenne : 10° 0′ 0″.
—	25	11 h. 30 à 11 h. 49	9° 58′ 52″	
—	29	11 h. 27 à 11 h. 40	10° 1′ 52″	

Mesures absolues. — Déclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Avril	8	11 h. 50 à 12 h. 0	10° 0′ 22″	Moyenne : 10° 0′ 4″.
—	15	11 h. 45 à 11 h. 55	9° 59′ 7″	
—	22	11 h. 22 à 11 h. 30	10° 0′ 37″	
—	29	11 h. 22 à 11 h. 40	10° 0′ 41″	
Mai	6	11 h. 20 à 11 h. 34	10° 1′ 56″	Moyenne : 9° 59′ 39″.
—	13	11 h. 8 à 11 h. 20	9° 56′ 45″	
—	20	11 h. 15 à 11 h. 30	10° 0′ 0″	
—	27	11 h. 40 à 11 h. 50	9° 59′ 56″	
Juin	3	11 h. 40 à 11 h. 49	10° 1′ 4″	Moyenne : 9° 59′ 36″.
—	10	11 h. 25 à 11 h. 40	10° 0′ 45″	
—	17	11 h. 25 à 11 h. 40	10° 0′ 7″	
—	24	13 h. 45 à 13 h. 55	9° 56′ 30″	
Juillet	1	11 h. 20 à 11 h. 33	9° 59′ 15″	Moyenne : 9° 57′ 24″.
—	8	11 h. 25 à 11 h. 40	10° 0′ 30″	
—	14	15 h. 10 à 15 h. 27	9° 54′ 22″	
—	21	14 h. 0 à 14 h. 19	9° 53′ 52″	
—	29	11 h. 25 à 11 h. 45	9° 59′ 4″	
Août	5	11 h. 43 à 11 h. 55	9° 59′ 13″	Moyenne : 9° 59′ 59″.
—	12	11 h. 35 à 11 h. 50	10° 0′ 0″	
—	19	11 h. 40 à 11 h. 54	9° 59′ 49″	
—	26	11 h. 10 à 11 h. 22	10° 0′ 30″	
Septembre	2	11 h. 45 à 11 h. 55	9° 59′ 0″	Moyenne : 9° 59′ 27″.
—	9	11 h. 40 à 11 h. 52	9° 59′ 15″	
—	16	12 h. 5 à 12 h. 20	9° 59′ 22″	
—	24	9 h. 0 à 9 h. 17	10° 0′ 12″	
Octobre	1	9 h. 0 à 9 h. 20	9° 57′ 52″	Moyenne : 9° 56′ 54″.
—	8	12 h. 0 à 12 h. 15	10° 0′ 41″	
—	15	9 h. 20 à 9 h. 40	9° 58′ 52″	
—	22	11 h. 57 à 12 h. 12	9° 51′ 29″	
—	29	11 h. 28 à 11 h. 40	9° 55′ 38″	
Novembre	5	9 h. 35 à 9 h. 49	9° 55′ 50″	Moyenne : 9° 52′ 7″.
—	11	12 h. 5 à 12 h. 20	9° 47′ 4″	
—	19	11 h. 20 à 11 h. 32	9° 51′ 46″	
—	25	11 h. 0 à 11 h. 13	9° 50′ 52″	
—	29	8 h. 22 à 8 h. 35	9° 55′ 7″	
Décembre	9	12 h. 54 à 13 h. 5	9° 49′ 0″	Moyenne : 9° 50′ 12″.
—	13	13 h. 25 à 13 h. 40	9° 47′ 56″	
—	23	11 h. 35 à 11 h. 49	9° 50′ 26″	
—	30	11 h. 42 à 11 h. 55	9° 53′ 26″	
		1905		
Janvier	6	11 h. 35 à 11 h. 48	9° 50′ 52″	Moyenne : 9° 52′ 13″.
—	13	11 h. 25 à 11 h. 36	9° 53′ 22″	
—	20	11 h. 55 à 12 h. 10	9° 48′ 26″	
—	27	11 h. 25 à 11 h. 41	9° 53′ 15″	
Février	3	11 h. 30 à 11 h. 43	9° 47′ 52″	Moyenne : 9° 49′ 56″.
—	10	11 h. 25 à 11 h. 39	9° 50′ 56″	
—	17	11 h. 35 à 11 h. 48	9° 49′ 37″	
—	24	11 h. 36 à 11 h. 50	9° 51′ 22″	
Mars	3	11 h. 30 à 11 h. 42	9° 49′ 56″	Moyenne : 9° 50′ 47″.
—	10	11 h. 37 à 11 h. 52	9° 54′ 26″	
—	17	11 h. 45 à 12 h. 0	9° 51′ 7″	
—	24	11 h. 37 à 11 h. 50	9° 49′ 7″	
—	31	11 h. 35 à 11 h. 52	9° 49′ 19″	

Mesures absolues. — Déclinaison (*suite*).

	DATES	HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Avril	7	11 h. 35 à 11 h. 50	9° 50′ 34″	
—	14	12 h. 15 à 12 h. 29	9° 50′ 26″	Moyenne : 9° 50′ 11″.
—	18	11 h. 20 à 11 h. 34	9° 50′ 23″	
—	28	11 h. 35 à 11 h. 47	9° 49′ 22″	
Mai	5	11 h. 30 à 11 h. 45	9° 49′ 41″	
—	12	11 h. 30 à 11 h. 41	9° 52′ 55″	Moyenne : 9° 51′ 45″.
—	19	11 h. 35 à 11 h. 45	9° 50′ 56″	
—	26	11 h. 20 à 11 h. 32	9° 53′ 30″	
Juin	2	11 h. 20 à 11 h. 32	9° 48′ 45″	
—	9	11 h. 33 à 11 h. 48	9° 49′ 15″	
—	16	11 h. 20 à 11 h. 35	9° 47′ 37″	Moyenne : 9° 48′ 38″.
—	23	11 h. 20 à 11 h. 34	9° 47′ 0″	
—	30	11 h. 35 à 11 h. 47	9° 50′ 37″	
Juillet	7	11 h. 40 à 11 h. 50	9° 48′ 8″	
—	14	13 h. 5 à 13 h. 20	9° 45′ 52″	Moyenne : 9° 48′ 40″.
—	21	11 h. 40 à 11 h. 55	9° 49′ 11″	
—	28	11 h. 30 à 11 h. 47	9° 51′ 30″	
Août	4	11 h. 40 à 11 h. 52	9° 46′ 52″	
—	11	11 h. 28 à 11 h. 40	9° 49′ 30″	Moyenne : 9° 48′ 48″.
—	18	11 h. 40 à 11 h. 50	9° 49′ 51″	
—	25	11 h. 03 à 11 h. 16	9° 49′ 0″	
Septembre	1	11 h. 36 à 11 h. 50	9° 50′ 0″	
—	8	11 h. 36 à 11 h. 47	9° 51′ 45″	
—	15	11 h. 34 à 11 h. 48	9° 49′ 19″	Moyenne : 9° 49′ 36″.
—	23	9 h. 10 à 9 h. 20	9° 47′ 52″	
—	30	9 h. 10 à 9 h. 23	9° 49′ 7″	
Octobre	7	13 h. 00 à 13 h. 15	9° 43′ 0″	
—	14	9 h. 30 à 9 h. 40	9° 46′ 14″	Moyenne : 9° 45′ 40″.
—	21	9 h. 28 à 9 h. 41	9° 45′ 4″	
—	28	9 h. 0 à 9 h. 10	9° 48′ 23″	
Novembre	4	13 h. 25 à 13 h. 37	9° 38′ 19″	
—	11	9 h. 0 à 9 h. 15	9° 49′ 0″	Moyenne : 9° 44′ 59″.
—	18	9 h. 0 à 9 h. 19	9° 46′ 30″	
—	25	9 h. 40 à 9 h. 48	9° 46′ 7″	
Décembre	1	13 h. 20 à 13 h. 34	9° 39′ 45″	
—	7	13 h. 15 à 13 h. 30	9° 39′ 26″	
—	19	8 h. 30 à 8 h. 43	9° 48′ 15″	Moyenne : 9° 43′ 33″.
—	23	8 h. 48 à 9 h. 0	9° 51′ 11″	
—	29	12 h. 25 à 12 h. 39	9° 39′ 8″	
		1906		
Janvier	5	12 h. 20 à 12 h. 34	9° 42′ 45″	
—	12	12 h. 55 à 13 h. 0	9° 39′ 7″	Moyenne : 9° 40′ 57″.
—	19	13 h. 20 à 13 h. 30	9° 40′ 56″	
—	26	12 h. 26 à 12 h. 41	9° 41′ 0″	
Février	2	8 h. 43 à 8 h. 56	9° 43′ 41″	
—	9	12 h. 20 à 12 h. 37	9° 38′ 26″	Moyenne : 9° 40′ 8″.
—	16	12 h. 24 à 12 h. 36	9° 41′ 11″	
—	23	12 h. 22 à 12 h. 33	9° 39′ 15″	
Mars	2	12 h. 26 à 12 h. 45	9° 39′ 15″	
—	9	12 h. 23 à 12 h. 35	9° 40′ 26″	
—	16	11 h. 30 à 11 h. 41	9° 44′ 19″	Moyenne : 9° 41′ 52″.
—	23	11 h. 18 à 12 h. 30	9° 45′ 4″	
—	30	12 h. 15 à 12 h. 27	9° 40′ 0″	

Mesures absolues. — Déclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Avril	6	12 h. 15 à 12 h. 26	9° 41′ 34″	
—	10	12 h. 22 à 12 h. 34	9° 37′ 56″	
—	20	12 h. 12 à 12 h. 26	9° 37′ 41″	Moyenne : 9° 39′ 32″.
—	27	12 h. 12 à 12 h. 26	9° 41′ 0″	
Mai	4	12 h. 8 à 12 h. 23	9° 39′ 11″	
—	11	12 h. 10 à 12 h. 24	9° 43′ 11″	
—	18	12 h. 5 à 12 h. 17	9° 42′ 23″	Moyenne : 9° 41′ 17″.
—	25	12 h. 9 à 12 h. 20	9° 40′ 26″	
Juin	1	12 h. 11 à 12 h. 21	9° 40′ 19″	
—	8	12 h. 10 à 12 h. 15	9° 40′ 41″	
—	15	12 h. 14 à 12 h. 25	9° 42′ 37″	Moyenne : 9° 41′ 5″.
—	22	12 h. 18 à 12 h. 28	9° 41′ 4″	
—	29	12 h. 17 à 12 h. 28	9° 40′ 45″	
Juillet	6	11 h. 18 à 11 h. 31	9° 39′ 15″	
—	13	12 h. 40 à 12 h. 52	9° 41′ 22″	
—	20	13 h. 15 à 13 h. 28	9° 38′ 41″	Moyenne : 9° 39′ 59″.
—	27	12 h. 18 à 12 h. 30	9° 40′ 38″	
Août	3	12 h. 20 à 12 h. 35	9° 39′ 22″	
—	10	11 h. 11 à 11 h. 25	9° 39′ 30″	
—	17	11 h. 20 à 11 h. 35	9° 40′ 26″	Moyenne : 9° 40′ 23″.
—	24	12 h. 17 à 12 h. 27	9° 42′ 0″	
—	31	12 h. 12 à 12 h. 26	9° 40′ 41″	
Septembre	7	12 h. 12 à 12 h. 22	9° 40′ 45″	
—	14	12 h. 13 à 12 h. 20	9° 41′ 0″	Moyenne : 9° 39′ 52″.
—	21	12 h. 5 à 12 h. 15	9° 38′ 8″	
—	28	12 h. 3 à 12 h. 15	9° 38′ 37″	
Octobre	6	7 h. 53 à 8 h. 5	9° 37′ 12″	
—	13	7 h. 55 à 8 h. 10	9° 38′ 4″	
—	19	11 h. 57 à 12 h. 10	9° 34′ 7″	Moyenne : 9° 35′ 52″.
—	26	12 h. 0 à 12 h. 8	9° 34′ 8″	
Novembre	2	11 h. 58 à 12 h. 9	9° 32′ 47″	
—	9	11 h. 56 à 12 h. 13	9° 34′ 15″	
—	16	12 h. 0 à 12 h. 13	9° 32′ 19″	Moyenne : 9° 32′ 44″.
—	23	11 h. 15 à 11 h. 28	9° 34′ 19″	
—	30	11 h. 18 à 11 h. 35	9° 30′ 0″	
Décembre	7	11 h. 27 à 11 h. 40	9° 35′ 22″	
—	18	8 h. 19 à 8 h. 37	9° 38′ 56″	Moyenne : 9° 36′ 16″.
—	21	11 h. 23 à 11 h. 33	9° 35′ 38″	
—	28	11 h. 20 à 11 h. 34	9° 35′ 8″	

1907

Janvier	4	11 h. 15 à 11 h. 27	9° 34′ 49″	
—	11	11 h. 8 à 11 h. 20	9° 34′ 34″	
—	18	11 h. 15 à 11 h. 30	9° 36′ 49″	Moyenne : 9° 35′ 19″.
—	25	11 h. 15 à 11 h. 32	9° 35′ 4″	
Février	1	12 h. 20 à 12 h. 35	9° 33′ 26″	
—	8	12 h. 21 à 12 h. 32	9° 33′ 4″	
—	15	10 h. 30 à 10 h. 48	9° 30′ 52″	Moyenne : 9° 32′ 7″.
—	22	11 h. 16 à 11 h. 30	9° 31′ 7″	
Mars	1	11 h. 18 à 11 h. 32	9° 31′ 37″	
—	8	11 h. 6 à 11 h. 17	9° 36′ 15″	
—	15	11 h. 13 à 11 h. 26	9° 32′ 22″	Moyenne : 9° 34′ 26″
—	22	11 h. 5 à 11 h. 20	9° 35′ 23″	
—	27	8 h. 11 à 8 h. 26	9° 36′ 34″	

Mesures absolues. — Déclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Avril	5	12 h. 17 à 12 h. 30	9° 31′ 26″	
—	12	11 h. 9 à 11 h. 23	9° 31′ 8″	Moyenne : 9° 32′ 1″.
—	19	11 h. 14 à 11 h. 28	9° 34′ 19″	
—	26	11 h. 25 à 11 h. 36	9° 31′ 11″	
Mai	3	11 h. 12 à 11 h. 25	9° 34′ 15″	
—	10	11 h. 15 à 11 h. 27	9° 33′ 56″	
—	17	12 h. 9 à 12 h. 23	9° 34′ 41″	Moyenne : 9° 32′ 52″.
—	24	12 h. 9 à 12 h. 22	9° 29′ 49″	
—	31	12 h. 14 à 12 h. 26	9° 31′ 40″	
Juin	7	12 h. 15 à 12 h. 31	9° 32′ 11″	
—	14	11 h. 17 à 11 h. 33	9° 30′ 45″	Moyenne : 9° 31′ 4″.
—	21	12 h. 15 à 12 h. 27	9° 31′ 30″	
—	28	12 h. 22 à 12 h. 33	9° 29′ 52″	
Juillet	5	12 h. 19 à 12 h. 33	9° 32′ 4″	
—	12	11 h. 23 à 11 h. 37	9° 29′ 37″	Moyenne : 9° 30′ 48″.
—	19	12 h. 35 à 12 h. 57	9° 30′ 52″	
—	26	12 h. 20 à 12 h. 34	9° 30′ 41″	
Août	2	12 h. 25 à 12 h. 40	9° 30′ 28″	
—	9	12 h. 18 à 12 h. 31	9° 26′ 26″	
—	16	12 h. 10 à 12 h. 33	9° 31′ 7″	Moyenne : 9° 27′ 49″.
—	23	12 h. 14 à 12 h. 26	9° 29′ 15″	
—	30	12 h. 10 à 12 h. 25	9° 28′ 52″	
Septembre	6	12 h. 16 à 12 h. 26	9° 28′ 45″	
—	13	12 h. 12 à 12 h. 24	9° 29′ 44″	Moyenne : 9° 29′ 17″.
—	20	12 h. 10 à 12 h. 21	9° 29′ 9″	
—	27	12 h. 8 à 12 h. 21	9° 29′ 30″	
Octobre	4	12 h. 5 à 12 h. 16	9° 26′ 11″	
—	11	12 h. 0 à 12 h. 10	9° 28′ 30″	
—	18	12 h. 0 à 12 h. 11	9° 28′ 30″	Moyenne : 9° 26′ 50″.
—	25	11 h. 58 à 12 h. 7	9° 25′ 11″	
—	30	11 h. 50 à 12 h. 6	9° 25′ 49″	
Novembre	8	11 h. 15 à 12 h. 9	9° 19′ 49″	
—	15	11 h. 54 à 12 h. 4	9° 23′ 15″	Moyenne : 9° 21′ 51″.
—	22	12 h. 17 à 12 h. 30	9° 22′ 30″	
Décembre	3	8 h. 0 à 8 h. 13	9° 27′ 41″	
—	6	12 h. 31 à 12 h. 44	9° 16′ 22″	
—	13	12 h. 38 à 12 h. 55	9° 23′ 53″	Moyenne : 9° 22′ 26″.
—	20	12 h. 27 à 12 h. 39	9° 21′ 53″	
—	27	12 h. 25 à 12 h. 39	9° 22′ 22″	
		1908		
Janvier	3	12 h. 40 à 12 h. 51	9° 19′ 30″	
—	10	12 h. 30 à 12 h. 46	9° 25′ 54″	
—	17	12 h. 48 à 13 h. 0	9° 23′ 15″	Moyenne : 9° 22′ 26″.
—	24	11 h. 50 à 12 h. 0	9° 24′ 56″	
—	31	12 h. 10 à 12 h. 20	9° 19′ 37″	
Février	7	11 h. 58 à 12 h. 8	9° 23′ 15″	
—	14	12 h. 25 à 12 h. 45	9° 21′ 45″	Moyenne : 9° 21′ 40″.
—	21	12 h. 25 à 12 h. 38	9° 20′ 41″	
—	28	12 h. 25 à 12 h. 35	9° 21′ 0″	
Mars	6	12 h. 45 à 12 h. 55	9° 21′ 45″	
—	13	12 h. 35 à 12 h. 49	9° 24′ 0″	Moyenne : 9° 22′ 31″.
—	20	12 h. 25 à 12 h. 41	9° 20′ 41″	
—	27	12 h. 0 à 12 h. 10	9° 23′ 38″	
Avril	3	12 h. 23 à 12 h. 36	9° 19′ 45″	
—	10	12 h. 20 à 12 h. 35	9° 21′ 0″	Moyenne : 9° 21′ 22″.
—	15	8 h. 10 à 8 h. 20	9° 21′ 26″	
—	24	12 h. 22 à 12 h. 33	9° 23′ 19″	

Mesures absolues. — Déclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Mai	1	12 h. 26 à 12 h. 39	9° 22′ 56″	
—	8	11 h. 32 à 11 h. 45	9° 25′ 15″	
—	15	12 h. 17 à 12 h. 30	9° 25′ 52″	Moyenne : 9° 23′ 29″.
—	22	12 h. 20 à 12 h. 33	9° 23′ 15″	
—	29	12 h. 24 à 12 h. 36	9° 20′ 11″	
Juillet	24	8 h. 30 à 8 h. 40	9° 17′ 7″	
—	25	8 h. 30 à 8 h. 40	9° 18′ 52″	Moyenne : 9° 22′ 56″.
—	29	8 h. 30 à 8 h. 40	9° 22′ 49″	
Octobre	17	8 h. 30 à 8 h. 40	9° 16′ 0″	
—	23	8 h. 30 à 8 h. 40	9° 19′ 37″	Moyenne : 9° 19′ 12″.
—	30	8 h. 30 à 8 h. 40	9° 22′ 0″	
Novembre	6	8 h. 30 à 8 h. 48	9° 22′ 7″	
—	19	8 h. 30 à 8 h. 48	9° 21′ 22″	Moyenne : 9° 22′ 27″.
—	28	8 h. 15 à 8 h. 30	9° 23′ 52″	
Décembre	5	8 h. 25 à 8 h. 40	9° 20′ 19″	
—	12	8 h. 30 à 8 h. 50	9° 17′ 26″	
—	18	8 h. 30 à 8 h. 45	9° 19′ 22″	Moyenne : 9° 18′ 29″
—	24	8 h. 20 à 8 h. 35	9° 18′ 10″	
—	31	8 h. 30 à 8 h. 50	9° 17′ 7″	

N. B. — Du 4 juillet 1908 au 14 août 1915, les observations magnétiques ont été faites par le Père Aurand. Celles faites éventuellement par le Père Colin sont indiquées par les initiales E. C., colonne des mois.

1909

Janvier	7	8 h. 10 à 8 h. 25	9° 19′ 7″	
—	22	8 h. 15 à 8 h. 30	9° 19′ 30″	Moyenne : 9° 19′ 9″.
—	29	8 h. 20 à 8 h. 35	9° 18′ 52″	
Février	5	8 h. 25 à 8 h. 40	9° 19′ 37″	
—	12	8 h. 10 à 8 h. 35	9° 18′ 45″	Moyenne : 9° 19′ 31″.
—	19	8 h. 30 à 8 h. 45	9° 19′ 52″	
—	27	8 h. 30 à 8 h. 45	9° 19′ 52″	
Mars	5	8 h. 40 à 8 h. 50	9° 18′ 22″	
—	12	8 h. 5 à 8 h. 20	9° 18′ 7″	Moyenne : 9° 18′ 4″.
—	19	8 h. 5 à 8 h. 20	9° 17′ 37″	
—	26	8 h. 20 à 8 h. 35	9° 18′ 7″	
Avril	2	8 h. 15 à 8 h. 30	9° 18′ 30″	
—	9	8 h. 40 à 9 h. 0	9° 16′ 14″	
—	16	8 h. 35 à 8 h. 50	9° 14′ 22″	Moyenne : 9° 15′ 31″.
—	23	8 h. 15 à 8 h. 30	9° 15′ 7″	
—	30	8 h. 20 à 8 h. 40	9° 13′ 22″	
Mai	7	8 h. 30 à 8 h. 45	9° 15′ 15″	
—	13	8 h. 35 à 8 h. 50	9° 18′ 37″	Moyenne : 9° 15′ 4″.
—	21	8 h. 50 à 9 h. 0	9° 13′ 37″	
—	28	8 h. 30 à 8 h. 40	9° 12′ 52″	
Juin	4	8 h. 25 à 8 h. 35	9° 13′ 11″	
—	11	8 h. 30 à 8 h. 45	9° 13′ 15″	Moyenne : 9° 11′ 42″.
—	18	8 h. 45 à 9 h. 0	9° 11′ 7″	
—	25	8 h. 35 à 8 h. 45	9° 9′ 15″	
Juillet	2	8 h. 20 à 8 h. 30	9° 11′ 0″	
—	10	8 h. 20 à 8 h. 30	9° 17′ 7″	
—	16	12 h. 0 à 12 h. 10	9° 15′ 0″	Moyenne : 9° 12′ 44″.
—	23	8 h. 15 à 8 h. 30	9° 10′ 7″	
—	30	8 h. 45 à 9 h. 0	9° 10′ 45″	
Août	27	8 h. 20 à 8 h. 30	9° 8′ 0″	Moyenne : 9° 8′ 0″.

Mesures absolues. — Déclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Septembre	3	12 h. 0 à 12 h. 30	9° 7′ 22″	Moyenne : 9° 7′ 35″.
—	10	9 h. 20 à 9 h. 30	9° 6′ 22″	
—	17	8 h. 20 à 8 h. 30	9° 8′ 18″	
—	24	8 h. 40 à 8 h. 50	9° 8′ 30″	
Octobre	1	8 h. 30 à 8 h. 40	9° 8′ 15″	Moyenne : 9° 10′ 50″.
—	16	8 h. 20 à 8 h. 30	9° 13′ 52″	
—	22	8 h. 30 à 8 h. 40	9° 9′ 45″	
—	29	8 h. 25 à 8 h. 35	9° 11′ 30″	
Novembre	5	8 h. 30 à 8 h. 40	9° 10′ 52″	Moyenne : 9° 10′ 21″.
—	12	8 h. 25 à 8 h. 35	9° 11′ 15″	
—	19	8 h. 30 à 8 h. 40	9° 10′ 45″	
—	26	8 h. 40 à 8 h. 50	9° 8′ 30″	
Décembre	4	8 h. 20 à 8 h. 30	9° 7′ 0″	Moyenne : 9° 7′ 53″.
—	E. C. 5	8 h. 30 à 8 h. 40	9° 8′ 52″	
—	10	8 h. 0 à 8 h. 51	9° 8′ 30″	
—	31	8 h. 10 à 8 h. 20	9° 7′ 37″	
		1910		
Janvier	7	8 h. 10 à 8 h. 20	9° 5′ 0″	Moyenne : 9° 7′ 29″.
—	14	8 h. 5 à 8 h. 20	9° 9′ 7″	
—	E. C. 18	8 h. 5 à 8 h. 20	9° 5′ 15″	
—	21	8 h. 25 à 8 h. 35	9° 7′ 0″	
—	28	8 h. 15 à 8 h. 25	9° 7′ 4″	
Février	5	8 h. 30 à 8 h. 40	9° 7′ 30″	Moyenne : 9° 7′ 33″.
—	14	8 h. 20 à 8 h. 30	9° 4′ 22″	
—	26	8 h. 30 à 8 h. 40	9° 9′ 7″	
Mars	4	8 h. 30 à 8 h. 40	9° 7′ 45″	Moyenne : 9° 6′ 55″.
—	11	8 h. 10 à 8 h. 20	9° 8′ 7″	
—	19	10 h. 0 à 10 h. 15	9° 5′ 15″	
—	25	10 h. 0 à 10 h. 15	9° 6′ 19″	
Avril	1	10 h. 10 à 10 h. 20	9° 2′ 56″	Moyenne : 9° 5′ 9″.
—	8	8 h. 40 à 8 h. 50	9° 4′ 15″	
—	15	9 h. 0 à 9 h. 18	9° 6′ 38″	
—	22	8 h. 20 à 8 h. 30	9° 4′ 22″	
—	29	8 h. 23 à 8 h. 37	9° 4′ 37″	
Mai	7	14 h. 45 à 14 h. 55	8° 59′ 22″	Moyenne : 9° 2′ 1″.
—	13	9 h. 15 à 9 h. 25	9° 3′ 0″	
—	20	9 h. 10 à 9 h. 20	9° 3′ 30″	
—	27	9 h. 30 à 9 h. 45	9° 2′ 7″	
Juin	3	9 h. 15 à 9 h. 25	9° 3′ 52″	Moyenne : 9° 1′ 43″.
—	10	9 h. 10 à 9 h. 23	9° 2′ 30″	
—	18	9 h. 20 à 9 h. 35	9° 1′ 30″	
—	24	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 9′ 0″	
Juillet	1	9 h. 12 à 9 h. 27	9° 1′ 37″	Moyenne : 9° 1′ 4″.
—	8	9 h. 15 à 9 h. 30	9° 1′ 10″	
—	16	9 h. 7 à 9 h. 18	9° 0′ 22″	
—	22	9 h. 19 à 9 h. 30	9° 3′ 7″	
—	E. C. 29	9 h. 15 à 9 h. 30	8° 59′ 7″	
Août	E. C. 5	8 h. 34 à 9 h. 8	8° 58′ 7″	Moyenne : 8° 57′ 29″.
—	E. C. 12	8 h. 57 à 9 h. 10	8° 58′ 56″	
—	E. C. 19	8 h. 37 à 8 h. 48	8° 55′ 7″	
—	26	9 h. 8 à 9 h. 19	8° 57′ 45″	
Septembre	3	9 h. 0 à 9 h. 10	9° 0′ 56″	Moyenne : 8° 58′ 59″.
—	9	9 h. 20 à 9 h. 30	8° 49′ 45″	

Mesures absolues. Déclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Septembre	16	9 h. 15 à 9 h. 25	8° 57′ 52″	Moyenne : 8° 58′ 59″.
—	23	9 h. 0 à 9 h. 15	8° 58′ 30″	
—	30	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 57′ 32″	
Octobre	7	9 h. 15 à 9 h. 30	9° 0′ 7″	Moyenne : 8° 57′ 37″.
—	13	8 h. 55 à 9 h. 10	8° 57′ 37″	
—	21	9 h. 20 à 9 h. 30	8° 58′ 32″	
—	27	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 52′ 15″	
Novembre	4	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 59′ 22″	Moyenne : 8° 58′ 33″.
—	11	9 h. 15 à 9 h. 30	8° 55′ 30″	
—	19	9 h. 7 à 9 h. 16	8° 57′ 30″	
—	E. C. 25	12 h. 26 à 12 h. 40	8° 53′ 52″	
Décembre	E. C. 2	12 h. 5 à 12 h. 16	8° 49′ 22″	Moyenne : 8° 49′ 39″.
—	8	9 h. 0 à 9 h. 5	8° 57′ 52″	
—	E. C. 16	11 h. 58 à 12 h. 44	8° 43′ 44″	
—	23	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 48′ 30″	
		1911		
Janvier	5	9 h. 20 à 9 h. 30	8° 49′ 55″	Moyenne : 8° 48′ 58″.
—	13	9 h. 20 à 9 h. 30	8° 45′ 52″	
—	20	9 h. 30 à 9 h. 40	8° 49′ 52″	
—	26	8 h. 55 à 9 h. 6	8° 50′ 15″	
Février	4	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 52′ 22″	Moyenne : 8° 52′ 41″.
—	11	9 h. 5 à 9 h. 20	8° 50′ 0″	
—	18	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 55′ 30″	
—	25	9 h. 20 à 9 h. 30	8° 52′ 52″	
Mars	4	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 49′ 52″	Moyenne : 8° 52′ 36″.
—	11	9 h. 9 à 9 h. 24	8° 54′ 15″	
—	18	9 h. 25 à 9 h. 35	8° 53′ 22″	
—	25	9 h. 0 à 9 h. 15	8° 52′ 45″	
Avril	1	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 52′ 45″	Moyenne : 8° 52′ 17″.
—	8	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 51′ 30″	
—	21	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 50′ 45″	
—	28	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 54′ 7″	
Mai	6	9 h. 7 à 9 h. 17	8° 51′ 15″	Moyenne : 8° 49′ 17″.
—	13	9 h. 20 à 9 h. 30	8° 50′ 10″	
—	20	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 52′ 22″	
—	29	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 52′ 7″	
Juin	3	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 50′ 7″	Moyenne : 8° 49′ 17″.
—	10	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 49′ 37″	
—	18	9 h. 20 à 9 h. 30	8° 48′ 45″	
—	24	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 48′ 37″	
Juillet	1	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 47′ 30″	Moyenne : 8° 48′ 41″.
—	15	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 48′ 30″	
—	22	9 h. 20 à 9 h. 30	8° 48′ 0″	
—	28	9 h. 15 à 9 h. 25	8° 48′ 57″	
Août	4	9 h. 30 à 9 h. 40	8° 47′ 30″	Moyenne : 8° 47′ 43″.
—	11	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 49′ 22″	
—	18	8 h. 35 à 8 h. 45	8° 47′ 30″	
—	25	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 46′ 30″	
Septembre	2	8 h. 45 à 8 h. 57	8° 45′ 15″	Moyenne : 8° 45′ 56″.
—	E. C. 8	8 h. 30 à 8 h. 45	8° 46′ 30″	
—	E. C. 15	8 h. 47 à 9 h. 6	8° 47′ 53″	
—	22	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 44′ 30″	
—	29	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 45′ 34″	

Mesures absolues. — Déclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Octobre	5	8 h. 57 à 9 h. 8	8° 47′ 30″	Moyenne : 8° 46′ 15″.
—	12	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 45′ 15″	
—	20	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 44′ 52″	
—	27	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 47′ 22″	
Novembre	3	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 47′ 37″	Moyenne : 8° 46′ 41″.
—	10	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 46′ 52″	
—	17	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 46′ 30″	
—	24	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 45′ 45″	
Décembre	1	9 h. 7 à 9 h. 17	8° 44′ 37″	Moyenne : 8° 45′ 5″.
—	8	9 h. 7 à 9 h. 15	8° 47′ 15″	
—	15	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 44′ 15″	
—	22	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 41′ 45″	
—	29	9 h. 8 à 9 h. 10	8° 42′ 30″	
		1912		
Janvier	5	9 h. 0 à 9 h. 8	8° 41′ 45″	Moyenne : 8° 42′ 57″.
—	E. C. 12	8 h. 50 à 9 h. 8	8° 39′ 4″	
—	19	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 45′ 45″	
—	26	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 45′ 15″	
Février	2	9 h. 4 à 9 h. 12	8° 44′ 0″	Moyenne : 8° 43′ 33″.
—	9	9 h. 0 à 9 h. 12	8° 42′ 7″	
—	16	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 42′ 37″	
—	23	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 45′ 30″	
Mars	1	9 h. 15 à 9 h. 24	8° 41′ 30″	Moyenne : 8° 42′ 20″.
—	8	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 42′ 7″	
—	22	9 h. 3 à 9 h. 13	8° 42′ 52″	
—	29	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 42′ 52″	
Avril	5	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 42′ 47″	Moyenne : 8° 42′ 10″.
—	12	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 42′ 30″	
—	19	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 42′ 15″	
—	26	9 h. 2 à 9 h. 12	8° 41′ 7″	
Mai	3	9 h. 5 à 9 h. 13	8° 41′ 0″	Moyenne : 8° 40′ 15″.
—	10	9 h. 5 à 9 h. 14	8° 41′ 15″	
—	17	9 h. 5 à 9 h. 16	8° 40′ 0″	
—	24	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 39′ 15″	
—	31	9 h. 0 à 9 h. 12	8° 39′ 45″	
Juin	7	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 38′ 45″	Moyenne : 8° 38′ 22″.
—	14	9 h. 0 à 9 h. 8	8° 37′ 15″	
—	21	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 39′ 0″	
—	27	9 h. 0 à 9 h. 8	8° 38′ 30″	
Juillet	5	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 34′ 35″	Moyenne : 8° 35′ 54″.
—	12	9 h. 0 à 9 h. 8	8° 35′ 30″	
—	19	9 h. 0 à 9 h. 15	8° 37′ 30″	
—	26	9 h. 0 à 9 h. 9	8° 36′ 22″	
Août	2	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 36′ 22″	Moyenne : 8° 36′ 56″.
—	10	9 h. 0 à 9 h. 8	8° 36′ 30″	
—	16	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 37′ 55″	
Septembre	6	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 37′ 15″	Moyenne : 8° 37′ 15″.
Octobre	5	8 h. 55 à 9 h. 4	8° 36′ 22″	Moyenne : 8° 35′ 46″.
—	11	9 h. 0 à 9 h. 5	8° 35′ 22″	
—	12	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 34′ 45″	
—	18	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 37′ 22″	
—	25	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 35′ 0″	

Mesures absolues. — Déclinaison *(suite)*.

DATES		HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Novembre	2	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 37′ 37″	Moyenne : 8° 35′ 42″.
—	8	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 35′ 7″	
—	15	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 35′ 22″	
—	23	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 35′ 22″	
Décembre	2	9 h. 0 à 9 h 10	8° 35′ 52″	Moyenne : 8° 33′ 39″.
—	6	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 31′ 52″	
—	14	9 h. 0 à 9 h. 8	8° 33′ 30″	
—	20	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 32′ 45″	
—	27	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 34′ 15″	
		1913		
Janvier	6	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 33′ 0″	Moyenne : 8° 32′ 50″.
—	20	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 32′ 0″	
—	24	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 33′ 32″	
Février	1	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 32′ 52″	Moyenne : 8° 33′ 22″.
—	8	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 32′ 37″	
—	13	8 h. 55 à 9 h. 5	8° 33′ 52″	
—	27	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 34′ 7″	
Mars	7	9 h. 0 à 9 h. 7	9° 31′ 45″	Moyenne : 8° 34′ 13″.
—	14	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 36′ 7″	
—	21	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 32′ 45″	
—	28	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 36′ 15″	
Avril	5	9 h. 0 à 9 h. 7	8° 33′ 15″	Moyenne : 8° 34′ 33″.
—	12	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 34′ 45″	
—	19	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 33′ 22″	
—	E. C. 25	8 h. 20 à 8 h. 38	8° 36′ 52″	
Mai	E. C. 2	8 h. 12 à 8 h. 28	8° 35′ 52″	Moyenne : 8° 34′ 40″.
—	E. C. 9	8 h. 3 à 8 h. 13	8° 34′ 52″	
—	17	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 34′ 0″	
—	23	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 35′ 52″	
—	30	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 32′ 45″	
Juin	8	8 h. 55 à 9 h. 5	9° 34′ 27″	Moyenne : 8° 41′ 59″.
—	14	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 31′ 22″	
—	20	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 31′ 45″	
—	27	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 30′ 22″	
Juillet	4	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 27′ 37″	Moyenne : 8° 28′ 24″.
—	11	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 27′ 37″	
—	20	9 h. 0 à 9 h. 9	8° 28′ 30″	
—	25	9 h. 0 à 9 h. 9	8° 29′ 50″	
Août	1	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 31′ 30″	Moyenne : 8° 30′ 1″.
—	8	8 h. 50 à 9 h. 0	8° 27′ 52″	
—	8	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 28′ 0″	
—	16	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 32′ 7″	
—	23	9 h. 0 à 9 h. 9	8° 28′ 52″	
—	29	9 h. 0 à 9 h. 13	8° 31′ 45″	
Septembre	5	9 h. 5 à 9 h. 16	8° 29′ 0″	Moyenne : 8° 30′ 27″.
—	12	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 29′ 15″	
—	19	9 h. 0 à 9 h. 9	8° 30′ 50″	
—	25	9 h. 0 à 9 h. 12	8° 32′ 45″	
Octobre	3	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 30′ 30″	Moyenne : 8° 30′ 16″.
—	10	9 h. 0 à 9 h. 12	8° 29′ 15″	
—	17	9 h. 0 à 9 h. 9	8° 30′ 15″	
—	24	9 h. 0 à 9 h. 9	8° 30′ 0″	
—	31	9 h. 0 à 9 h. 8	8° 30′ 52″	

Mesures absolues. — Déclinaison (*suite*)

DATES		HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Novembre	7	9 h. 3 à 9 h. 13	8° 28′ 37″	Moyenne : 8° 28′ 56″.
—	14	9 h. 3 à 9 h. 12	8° 29′ 52″	
—	21	9 h. 0 à 9 h. 15	8° 28′ 45″	
—	28	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 28′ 30″	
Décembre	5	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 28′ 19″	Moyenne : 8° 28′ 35″.
—	12	9 h. 0 à 9 h. 9	8° 31′ 0″	
—	19	9 h. 3 à 9 h. 12	8° 28′ 37″	
—	27	9 h. 0 à 9 h. 12	8° 26′ 53″	
		1914		
Janvier	2	9 h. 3 à 9 h. 11	8° 29′ 37″	Moyenne : 8° 29′ 9″.
—	8	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 26′ 7″	
—	15	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 29′ 45″	
—	E. C. 23	9 h. 0 à 9 h. 14	8° 28′ 53″	
—	30	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 31′ 22″	
Février	6	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 29′ 30″	Moyenne : 8° 29′ 41″.
—	13	8 h. 58 à 9 h. 6	8° 30′ 52″	
—	20	9 h. 5 à 9 h. 12	8° 29′ 30″	
—	27	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 28′ 52″	
Mars	E. C. 6	8 h. 52 à 9 h. 4	8° 27′ 52″	Moyenne : 8° 27′ 31″.
—	E. C. 13	9 h. 0 à 9 h. 20	8° 26′ 30″	
—	E. C. 20	9 h. 33 à 9 h. 55	8° 28′ 37″	
—	E. C. 27	9 h. 0 à 9 h. 9	8° 27′ 7″	
Avril	E. C. 3	9 h. 0 à 9 h. 12	8° 27′ 11″	Moyenne : 8° 27′ 59″.
—	10	9 h. 0 à 9 h. 9	8° 28′ 30″	
—	17	9 h. 0 à 9 h. 8	8° 28′ 37″	
—	24	9 h. 0 à 9 h. 6	8° 27′ 37″	
Mai	2	8 h. 55 à 9 h. 5	8° 26′ 52″	Moyenne : 8° 25′ 59″.
—	9	9 h. 5 à 9 h. 17	8° 27′ 7″	
—	15	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 25′ 37″	
—	22	9 h. 0 à 9 h. 9	8° 25′ 44″	
—	29	8 h. 0 à 9 h. 10	8° 24′ 37″	
Juin	5	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 23′ 0″	Moyenne : 8° 24′ 27″.
—	19	9 h. 10 à 9 h. 20	8° 24′ 27″	
—	26	9 h. 2 à 9 h. 10	8° 24′ 45″	
Juillet	3	9 h. 5 à 9 h. 17	8° 25′ 7″	Moyenne : 8° 25′ 0″.
—	10	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 24′ 15″	
—	17	9 h. 0 à 9 h. 12	8° 25′ 7″	
Août	1	9 h. 2 à 9 h. 12	8° 24′ 52″	Moyenne : 8° 23′ 56″.
—	9	8 h. 50 à 9 h. 0	8° 23′ 15″	
—	14	8 h. 53 à 9 h. 3	8° 23′ 45″	
—	21	8 h. 50 à 9 h. 0	8° 23′ 52″	
—	27	8 h. 50 à 9 h. 0	8° 23′ 55″	
Septembre	3	9 h. 0 à 9 h. 9	8° 22′ 45″	Moyenne : 8° 23′ 43″.
—	11	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 23′ 15″	
—	18	9 h. 0 à 9 h. 8	8° 23′ 27″	
—	25	8 h. 50 à 9 h. 1	8° 25′ 0″	
—	30	8 h. 56 à 9 h. 1	8° 24′ 7″	
Octobre	17	9 h. 0 à 9 h. 8	8° 24′ 52″	Moyenne : 8° 23′ 5″.
—	23	9 h. 5 à 9 h. 13	8° 21′ 52″	
—	30	9 h. 2 à 9 h. 12	8° 22′ 30″	
Novembre	6	9 h. 4 à 9 h. 14	8° 23′ 0″	Moyenne : 8° 21′ 30″.
—	13	9 h. 0 à 9 h. 13	8° 19′ 45″	
—	20	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 23′ 52″	
—	27	9 h. 4 à 9 h. 14	8° 19′ 22″	

Mesures absolues. — Déclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Décembre	3	9 h. 2 à 9 h. 14	8° 19′ 45″	Moyenne : 8° 20′ 27″.
—	18	9 h. 7 à 9 h. 18	8° 17′ 37″	
—	24	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 22′ 0″	
		1915		
Janvier	2	9 h. 0 à 9 h. 7	8° 21′ 7″	Moyenne : 8° 21′ 48″.
—	E. C. 8	8 h. 40 à 8 h. 52	8° 23′ 22″	
—	E. C. 15	8 h. 30 à 8 h. 45	8° 21′ 7″	
—	16	9 h. 05 à 9 h. 15	8° 18′ 52″	
—	E. C. 22	8 h. 45 à 9 h. 0	8° 22′ 52″	
—	29	9 h. 2 à 9 h. 10	8° 23′ 30″	
Février	5	9 h. 0 à 9 h. 9	8° 25′ 0″	Moyenne : 8° 22′ 32″.
—	12	9 h. 4 à 9 h. 14	8° 21′ 31″	
—	21	8 h. 55 à 9 h. 5	8° 22′ 7″	
—	26	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 21′ 30″	
Mars	5	9 h. 5 à 9 h. 17	8° 23′ 52″	Moyenne : 8° 22′ 50″.
—	12	9 h. 0 à 9 h. 8	8° 23′ 22″	
—	19	8 h. 57 à 9 h. 7	8° 22′ 7″	
—	26	9 h. 5 à 9 h. 15	8° 22′ 0″	
Avril	2	9 h. 0 à 9 h. 8	8° 21′ 45″	Moyenne : 8° 22′ 44″.
—	E. C. 9	8 h. 30 à 8 h. 45	8° 22′ 45″	
—	E. C. 16	8 h. 35 à 8 h. 47	8° 24′ 15″	
—	E. C. 19	8 h. 35 à 8 h. 45	8° 20′ 52″	
—	E. C. 23	8 h. 30 à 8 h. 42	8° 23′ 0″	
—	E. C. 30	8 h. 34 à 8 h. 43	8° 23′ 49″	
Mai	7	9 h. 9 à 9 h. 19	8° 23′ 0″	Moyenne : 8° 21′ 44″.
—	14	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 21′ 0″	
—	21	9 h. 0 à 9 h. 10	8° 21′ 22″	
	27	8 h. 58 à 9 h. 8	8° 21′ 37″	
Juin	5	8 h. 54 à 9 h. 3	8° 20′ 36″	Moyenne : 8° 19′ 57″.
—	11	9 h. 0 à 9 h. 7	8° 19′ 30″	
—	17	8 h. 59 à 9 h. 6	8° 20′ 0″	
—	25	9 h. 1 à 9 h. 11	8° 19′ 45″	
Juillet	2	8 h. 55 à 9 h. 5	8° 16′ 7″	Moyenne : 8° 18′ 3″.
—	E. C. 9	9 h. 5 à 9 h. 14	8° 18′ 30″	
—	E. C. 10	8 h. 25 à 8 h. 44	8° 16′ 22″	
—	E. C. 16	8 h. 30 à 8 h. 45	8° 18′ 49″	
—	E. C. 23	9 h. 15 à 9 h. 30	8° 21′ 15″	
—	E. C. 30	8 h. 30 à 8 h. 40	8° 17′ 19″	
Août	E. C. 6	8 h. 25 à 8 h. 37	8° 18′ 15″	Moyenne : 8° 17′ 4″.
—	13	9 h. 2 à 9 h. 12	8° 18′ 22″	
—	E. C. 27	8 h. 30 à 8 h. 45	8° 14′ 37″	
Septembre	3	8 h. 25 à 8 h. 41	8° 22′ 52″	Moyenne : 8° 19′ 0″.
—	10	8 h. 30 à 8 h. 44	8° 19′ 7″	
—	17	8 h. 25 à 8 h. 42	8° 16′ 49″	
—	24	8 h. 25 à 8 h. 47	8° 17′ 15″	
Octobre	1	8 h. 40 à 8 h. 42	8° 16′ 7″	Moyenne : 8° 13′ 45″.
—	8	8 h. 30 à 8 h. 36	8° 15′ 37″	
—	15	8 h. 25 à 8 h. 39	8° 8′ 34″	
—	22	8 h. 25 à 8 h. 40	8° 11′ 30″	
—	29	8 h. 20 à 9 h. 39	8° 17′ 0″	
Novembre	5	8 h. 25 à 8 h. 36	8° 16′ 22	Moyenne : 8° 16′ 18″.
—	12	8 h. 25 à 8 h. 33	8° 14′ 37″	
—	19	8 h. 20 à 8 h. 32	8° 14′ 7″	
—	26	8 h. 20 à 8 h. 36	8° 20′ 7″	

Mesures absolues. — Déclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Décembre	3	8 h. 25 à 8 h. 36	8° 15′ 22″	
—	10	8 h. 25 à 8 h. 35	8° 19′ 19″	
—	18	8 h. 20 à 8 h. 33	8° 15′ 34″	Moyenne : 8° 16′ 21″.
—	24	8 h. 20 à 8 h. 36	8° 15′ 22″	
—	31	8 h. 20 à 8 h. 22	8° 16′ 11″	
		1916		
Janvier	7	8 h. 20 à 8 h. 31	8° 19′ 15″	
—	14	8 h. 20 à 8 h. 35	8° 14′ 19″	Moyenne : 8° 17′ 6″.
—	21	8 h. 15 à 8 h. 30	8° 18′ 0″	
—	28	8 h. 17 à 8 h. 31	8° 16′ 52″	
Février	4	8 h. 30 à 8 h. 42	8° 15′ 15″	
—	11	8 h. 24 à 8 h. 32	8° 15′ 52″	Moyenne : 8° 16′ 27″.
—	18	8 h. 25 à 8 h. 36	8° 17′ 7″	
—	25	8 h. 18 à 8 h. 36	8° 17′ 34″	
Mars	3	8 h. 30 à 8 h. 45	8° 19′ 37″	
—	10	8 h. 20 à 8 h. 35	8° 14′ 35″	
—	17	8 h. 20 à 8 h. 33	8° 10′ 37″	Moyenne : 8° 15′ 8″.
—	24	8 h. 20 à 8 h. 33	8° 13′ 34″	
—	31	8 h. 20 à 8 h. 35	8° 17′ 7″	
Avril	7	8 h. 20 à 8 h. 31	8° 16′ 0″	
—	14	8 h. 20 à 8 h. 35	8° 17′ 30″	Moyenne : 8° 14′ 36′
—	24	8 h. 10 à 8 h. 23	8° 15′ 57″	
—	28	8 h. 15 à 8 h. 28	8° 9′ 0″	
Mai	5	9 h. 35 à 9 h. 50	8° 15′ 52″	
—	12	8 h. 15 à 8 h. 28	8° 13′ 7″	Moyenne : 8° 13′ 21″.
—	19	8 h. 0 à 8 h. 10	8° 10′ 0″	
—	26	8 h. 20 à 8 h. 30	8° 14′ 26″	
Juin	2	14 h. 45 à 15 h. 0	8° 11′ 15″	
—	9	8 h. 20 à 8 h. 31	8° 11′ 0″	
—	16	8 h. 15 à 8 h. 26	8° 13′ 36″	Moyenne : 8° 11′ 35″.
—	23	8 h. 17 à 8 h. 28	8° 9′ 49″	
—	30	8 h. 20 à 8 h. 35	8° 11′ 56″	
Juillet	7	8 h. 20 à 8 h. 34	8° 12′ 19″	
—	14	8 h. 17 à 8 h. 28	8° 10′ 22″	Moyenne : 8° 11′ 58″.
—	21	8 h. 10 à 8 h. 20	8° 12′ 53″	
—	28	8 h. 20 à 8 h. 30	8° 11′ 18″	
Août	1	8 h. 20 à 8 h. 32	8° 12′ 45″	
—	11	8 h. 20 à 8 h. 29	8° 12′ 53″	Moyenne : 8° 12′ 23″.
—	18	8 h. 15 à 8 h. 25	8° 12′ 0″	
—	25	8 h. 15 à 8 h. 28	8° 11′ 55″	
Septembre	1	8 h. 15 à 8 h. 29	8° 11′ 45″	
—	8	8 h. 7 à 8 h. 18	8° 10′ 45″	
—	15	8 h. 15 à 8 h. 30	8° 12′ 38″	Moyenne : 8° 12′ 48″.
—	22	8 h. 15 à 8 h. 27	8° 14′ 56″	
—	29	8 h. 20 à 8 h. 30	8° 13′ 56″	
Octobre	4	8 h. 15 à 8 h. 27	8° 14′ 22″	
—	13	8 h. 20 à 8 h. 29	8° 13′ 0″	Moyenne : 8° 14′ 2″.
—	20	8 h. 20 à 8 h. 31	8° 15′ 27″	
—	26	8 h. 15 à 8 h. 28	8° 13′ 19″	
Novembre	3	8 h. 8 à 8 h. 21	8° 13′ 45″	
—	10	8 h. 23 à 8 h. 32	8° 15′ 0″	Moyenne : 8° 14′ 42″.
—	17	8 h. 10 à 8 h. 24	8° 17′ 30″	
—	24	8 h. 20 à 8 h. 33	8° 12′ 34″	

Mesures absolues. — Déclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Décembre	1	8 h. 20 à 8 h. 36	8° 13′ 22″	
—	8	8 h. 15 à 8 h. 25	8° 17′ 4″	
—	15	8 h. 15 à 8 h. 22	8° 13′ 55″	Moyenne : 8° 13′ 55″.
—	22	8 h. 12 à 8 h. 25	8° 9′ 7″	
—	29	8 h. 18 à 8 h. 27	8° 16′ 7″	
		1917		
Janvier	5	8 h. 20 à 8 h. 30	8° 6′ 30″	
—	12	8 h. 15 à 8 h. 26	8° 10′ 26″	
—	19	8 h. 15 à 8 h. 30	8° 10′ 15″	Moyenne : 8° 10′ 12″.
—	26	8 h. 15 à 8 h. 27	8° 13′ 38″	
Février	2	8 h. 20 à 8 h. 35	8° 13′ 25″	
—	9	8 h. 15 à 8 h. 26	8° 13′ 15″	
—	16	8 h. 15 à 8 h. 26	8° 9′ 41″	Moyenne : 8° 11′ 55″.
—	23	8 h. 30 à 8 h. 48	8° 11′ 22″	
Mars	2	8 h. 15 à 8 h. 29	8° 12′ 4″	
—	9	8 h. 13 à 8 h. 24	8° 11′ 0″	
—	16	8 h. 18 à 8 h. 29	8° 11′ 37″	Moyenne : 8° 12′ 20″.
—	23	8 h. 13 à 8 h. 23	8° 16′ 26″	
—	30	8 h. 20 à 8 h. 34	8° 15′ 37″	
Avril	3	9 h. 30 à 9 h. 42	8° 10′ 45″	
—	13	12 h. 20 à 12 h. 29	8° 6′ 22″	
—	20	8 h. 22 à 8 h. 33	8° 11′ 49″	Moyenne : 8° 10′ 15″.
—	27	8 h. 17 à 8 h. 26	8° 12′ 4″	
Mai	4	8 h. 15 à 8 h. 22	8° 9′ 11″	
—	11	8 h. 15 à 8 h. 27	8° 8′ 30″	
—	18	8 h. 18 à 8 h. 30	8° 9′ 45″	Moyenne : 8° 9′ 15″.
—	25	8 h. 17 à 8 h. 28	8° 9′ 37″	
Juin	1	8 h. 13 à 8 h. 25	8° 8′ 4″	
—	8	8 h. 13 à 8 h. 23	8° 6′ 52″	
—	15	8 h. 13 à 8 h. 25	8° 9′ 15″	Moyenne : 8° 7′ 45″.
—	22	8 h. 20 à 8 h. 33	8° 8′ 23″	
—	29	8 h. 15 à 8 h. 30	8° 6′ 11″	
Juillet	6	8 h. 15 à 8 h. 25	8° 6′ 37″	
—	13	8 h. 15 à 8 h. 25	8° 7′ 15″	
—	20	8 h. 17 à 8 h. 30	8° 6′ 45″	Moyenne : 8° 6′ 42″.
—	27	8 h. 17 à 8 h. 33	8° 6′ 11″	
Août	3	8 h. 14 à 8 h. 28	8° 6′ 52″	
—	10	8 h. 5 à 8 h. 16	8° 5′ 30″	
—	17	8 h. 14 à 8 h. 25	8° 6′ 6″	Moyenne : 8° 6′ 7″.
—	24	8 h. 13 à 8 h. 26	8° 8′ 15″	
—	31	8 h. 16 à 8 h. 25	8° 5′ 53″	
Septembre	7	8 h. 12 à 8 h. 23	8° 5′ 38″	
—	14	8 h. 15 à 8 h. 26	8° 10′ 45″	
—	21	8 h. 20 à 8 h. 30	8° 8′ 52″	Moyenne : 8° 9′ 28″.
—	28	8 h. 13 à 8 h. 23	8° 12′ 38″	
Octobre	5	8 h. 17 à 8 h. 27	8° 10′ 11″	
—	12	8 h. 5 à 8 h. 15	8° 7′ 19″	
—	19	8 h. 18 à 8 h. 27	8° 10′ 22″	Moyenne : 8° 7′ 58″.
—	26	8 h. 17 à 8 h. 26	8° 4′ 0″	
Novembre	2	8 h. 20 à 8 h. 28	8° 6′ 49″	
—	9	8 h. 18 à 8 h. 30	8° 8′ 0″	
—	15	8 h. 16 à 8 h. 23	8° 9′ 22″	Moyenne : 8° 8′ 38″.
—	23	8 h. 20 à 8 h. 33	8° 8′ 37″	
—	30	8 h. 7 à 8 h. 22	8° 11′ 22″	

Mesures absolues. — Déclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Décembre	7	8 h. 15 à 8 h. 25	8° 8′ 22″	Moyenne : 8° 9′ 4″.
—	17	8 h. 5 à 8 h. 20	8° 11′ 19″	
—	21	7 h. 54 à 8 h. 4	8° 6′ 49″	
—	28	8 h. 7 à 8 h. 16	8° 9′ 56″	
		1918		
Janvier	4	8 h. 8 à 8 h. 17	8° 7′ 56″	Moyenne : 8° 8′ 54″.
—	11	8 h. 5 à 8 h. 13	8° 8′ 7″	
—	18	8 h. 5 à 8 h. 19	8° 11′ 52″	
—	25	8 h. 5 à 8 h. 14	8° 7′ 41″	
Février	1	8 h. 8 à 8 h. 19	8° 11′ 22″	Moyenne : 8° 9′ 11″.
—	8	8 h. 5 à 8 h. 12	8° 5′ 23″	
—	15	8 h. 3 à 8 h. 13	8° 10′ 34″	
—	22	8 h. 0 à 8 h. 9	9° 9′ 26″	
Mars	1	8 h. 5 à 8 h. 17	8° 8′ 34″	Moyenne : 8° 7′ 11″.
—	8	8 h. 2 à 8 h. 13	8° 4′ 52″	
—	15	8 h. 10 à 8 h. 20	8° 10′ 4″	
—	22	8 h. 15 à 8 h. 27	8° 5′ 15″	
—	27	8 h. 5 à 8 h. 10	8° 7′ 11″	
Avril	5	8 h. 5 à 8 h. 16	7° 59′ 45″	Moyenne : 8° 2′ 23″.
—	12	8 h. 5 à 8 h. 18	8° 5′ 7″	
—	19	8 h. 6 à 8 h. 16	8° 4′ 15″	
—	26	8 h. 9 à 8 h. 17	8° 0′ 26″	
Mai	3	8 h. 5 à 8 h. 14	8° 4′ 37″	Moyenne : 8° 4′ 14″.
—	10	8 h. 13 à 8 h. 28	8° 6′ 45″	
—	17	8 h. 9 à 8 h. 23	7° 59′ 7″	
—	24	8 h. 12 à 8 h. 21	8° 5′ 58″	
—	31	8 h. 7 à 8 h. 19	8° 4′ 45″	
Juin	7	8 h. 6 à 8 h. 19	8° 2′ 45″	Moyenne : 8° 2′ 37″.
—	14	8 h. 5 à 8 h. 14	8° 1′ 4″	
—	21	8 h. 5 à 8 h. 16	8° 2′ 26″	
—	28	8 h. 6 à 8 h. 17	8° 4′ 15″	
Juillet	5	8 h. 16 à 8 h. 25	8° 2′ 52″	Moyenne : 8° 2′ 55″
—	12	8 h. 0 à 8 h. 13	8° 1′ 45″	
—	19	7 h. 51 à 8 h. 3	8° 3′ 30″	
—	25	7 h. 55 à 8 h. 3	8° 3′ 37″	
Août	2	8 h. 0 à 8 h. 10	8° 3′ 13″	Moyenne : 8° 1′ 13″.
—	9	8 h. 0 à 8 h. 14	8° 1′ 37″	
—	16	8 h. 20 à 8 h. 31	7° 59′ 52″	
—	23	8 h. 3 à 8 h. 11	8° 0′ 5″	
—	30	8 h. 6 à 8 h. 18	8° 1′ 22″	
Septembre	6	8 h. 7 à 8 h. 19	8° 1′ 45″	Moyenne : 8° 2′ 33″.
—	13	8 h. 7 à 8 h. 17	8° 2′ 12″	
—	20	8 h. 12 à 8 h. 25	8° 3′ 56″	
—	27	8 h. 4 à 8 h. 15	8° 2′ 22″	
Octobre	4	8 h. 7 à 8 h. 18	8° 4′ 0″	Moyenne : 8° 3′ 18″.
—	11	8 h. 5 à 8 h. 15	8° 3′ 23″	
—	18	8 h. 0 à 8 h. 13	8° 2′ 15″	
—	25	8 h. 0 à 8 h. 10	8° 4′ 45″	
—	31	8 h. 6 à 8 h. 16	8° 2′ 11″	
Novembre	8	8 h. 5 à 8 h. 15	8° 5′ 41″	Moyenne : 8° 5′ 50″.
—	14	8 h. 0 à 8 h. 11	8° 3′ 52″	
—	21	8 h. 3 à 8 h. 13	8° 8′ 45″	
—	28	8 h. 0 à 8 h. 9	8° 5′ 4″	
Décembre	6	8 h. 2 à 8 h. 11	8° 3′ 45″	Moyenne : 8° 0′ 48″.
—	13	7 h. 55 à 8 h. 6	7° 59′ 41″	
—	20	6 h. 25 à 6 h. 37	7° 59′ 0″	

Mesures absolues. — Déclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
		1919		
Janvier	3	8 h. 16 à 8 h. 31	8° 2′ 7″	
—	10	8 h. 2 à 8 h. 12	8° 3′ 0″	
—	17	8 h. 0 à 8 h. 8	8° 0′ 45″	Moyenne : 8° 1′ 16″.
—	24	8 h. 0 à 8 h. 8	7° 58′ 45″	
—	31	7 h. 58 à 9 h. 10	8° 1′ 45″	
Février	7	7 h. 58 à 8 h. 8	8° 8′ 30″	
—	14	8 h. 15 à 8 h. 29	8° 3′ 30″	Moyenne : 8° 4′ 29″.
—	21	8 h. 0 à 8 h. 10	8° 3′ 7″	
—	28	8 h. 0 à 8 h. 13	8° 2′ 52″	
Mars, Avril	malade.			
Mai	23	8 h. 15 à 8 h. 27	8° 4′ 7″	Moyenne : 8° 3′ 26″.
—	30	8 h. 5 à 8 h. 16	8° 2′ 45″	
Juin	6	12 h. 10 à 12 h. 20	8° 8′ 26″	
—	13	8 h. 10 à 8 h. 25	8° 5′ 37″	Moyenne : 8° 6′ 55″.
—	20	8 h. 3 à 8 h. 11	8° 7′ 7″	
—	27	8 h. 9 à 8 h. 18	8° 6′ 30″	
Juillet	4	8 h. 5 à 8 h. 14	8° 6′ 30″	
—	11	8 h. 14 à 8 h. 24	8° 7′ 22″	Moyenne : 8° 6′ 10″.
—	18	8 h. 5 à 8 h. 14	8° 5′ 56″	
—	25	8 h. 1 à 8 h. 11	8° 4′ 52″	
Août	1	8 h. 6 à 8 h. 20	8° 4′ 11″	
—	8	8 h. 0 à 8 h. 10	8° 6′ 26″	
—	14	8 h. 0 à 8 h. 10	8° 5′ 22″	Moyenne : 8° 5′ 17″.
—	19	12 h. 20 à 12 h. 30	8° 6′ 52″	
—	29	8 h. 27 à 8 h. 42	8° 3′ 37″	
Septembre	5	8 h. 0 à 8 h. 15	8° 5′ 49″	
—	12	8 h. 5 à 8 h. 16	8° 6′ 56″	Moyenne : 8° 5 14″.
—	19	8 h. 0 à 8 h. 10	8° 0′ 52″	
—	26	8 h. 5 à 8 h. 18	8° 7′ 22″	
Octobre	3	8 h. 3 à 8 h. 15	8° 5′ 19″	
—	10	8 h. 3 à 8 h. 12	8° 6′ 4″	
—	17	8 h. 5 à 8 h. 17	8° 7′ 15″	Moyenne : 8° 5′ 0″.
—	23	8 h. 0 à 8 h. 18	7° 59′ 52″	
—	30	8 h. 0 à 8 h. 10	8° 6′ 30″	
Novembre	7	8 h. 0 à 8 h. 12	8° 3′ 45″	
—	14	8 h. 2 à 8 h. 13	8° 8′ 7″	Moyenne : 8° 6′ 58″.
—	21	8 h. 0 à 8 h. 10	8° 7′ 30″	
—	28	7 h. 57 à 8 h. 6	8° 8′ 30″	
Décembre	5	8 h. 2 à 8 h. 15	8° 8′ 56″	
—	12	8 h. 0 à 8 h. 11	8° 6′ 56″	Moyenne : 8° 1′ 41″.
—	16	11 h. 56 à 12 h. 8	8° 3′ 4″	
—	23	12 h. 13 à 12 h. 24	7° 57′ 49″	
		1920		
Janvier	2	7 h. 58 à 8 h. 10	8° 3′ 26″	
—	8	8 h. 0 à 8 h. 12	8° 8′ 52″	
—	16	8 h. 0 à 8 h. 9	8° 2′ 26″	Moyenne : 8° 5′ 0″.
—	23	8 h. 0 à 8 h. 12	8° 7′ 22″	
—	30	8 h. 3 à 8 h. 12	8° 2′ 56″	
Février	6	8 h. 3 à 8 h. 13	8° 7′ 15″	
—	13	8 h. 3 à 8 h. 11	8° 1′ 30″	Moyenne : 8° 4′ 33″.
—	20	8 h. 3 à 8 h. 11	8° 4′ 56″	
—	27	8 h. 0 à 8 h. 11	8° 4′ 34″	

Mesures absolues. — Déclinaison *(suite)*.

DATES		HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Mars	5	8 h. 0 à 8 h. 13	8° 4′ 19″	Moyenne : 8° 3′ 53″.
—	12	8 h. 0 à 8 h. 13	8° 5′ 41″	
—	19	8 h. 0 à 8 h. 9	8° 4′ 52″	
—	26	8 h. 0 à 8 h. 9	8° 1′ 37″	
—	30	11 h. 35 à 11 h. 45	8° 3′ 0″	
Avril	9	8 h. 5 à 8 h. 22	8° 3′ 56″	Moyenne : 8° 1′ 40″.
—	16	8 h. 7 à 8 h. 16	8° 0′ 15″	
—	23	8 h. 2 à 8 h. 12	8° 0′ 53″	
—	30	8 h. 3 à 8 h. 16	8° 1′ 37″	
Mai	7	8 h. 3 à 8 h. 11	8° 2′ 22″	Moyenne : 8° 1′ 15″.
—	14	8 h. 5 à 8 h. 16	7° 58′ 45″	
—	21	12 h. 0 à 12 h. 9	8° 1′ 19″	
—	28	8 h. 6 à 8 h. 16	8° 2′ 37″	
Juin	4	8 h. 5 à 8 h. 16	8° 0′ 15″	Moyenne : 7° 59′ 24″.
—	10	8 h. 0 à 8 h. 15	7° 56′ 22″	
—	18	8 h. 0 à 8 h. 10	8° 0′ 0″	
—	25	8 h. 0 à 8 h. 10	8° 1′ 0″	
Juillet	2	8 h. 0 à 8 h. 11	7° 59′ 0″	Moyenne : 7° 59′ 20″.
—	9	8 h. 0 à 8 h. 11	7° 59′ 4″	
—	16	8 h. 0 à 8 h. 10	7° 59′ 15″	
—	24	13 h. 47 à 14 h.	7° 57′ 52″	
—	30	8 h. 0 à 8 h. 12	8° 1′ 30″	
Août	6	8 h. 0 à 8 h. 9	8° 0′ 22″	Moyenne : 7° 59′ 33″.
—	13	8 h. 2 à 8 h. 12	7° 58′ 45″	
Septembre	10	8 h. 0 à 8 h. 12	7° 59′ 52″	Moyenne : 8° 0′ 23″.
—	17	8 h. 2 à 8 h. 13	7° 59′ 45″	
—	24	7 h. 58 à 8 h. 17	8° 1′ 34″	
Octobre	1	8 h. 0 à 8 h. 9	8° 1′ 52″	Moyenne : 8° 0′ 21″.
—	8	8 h. 0 à 8 h. 10	8° 2′ 12″	
—	15	8 h. 0 à 8 h. 9	8° 2′ 22″	
—	22	7 h. 55 à 8 h. 7	8° 2′ 45″	
—	29	12 h. 6 à 12 h. 18	7° 52′ 34″	
Novembre	5	8 h. 3 à 8 h. 13	8° 3′ 26″	Moyenne : 8° 0′ 21″.
—	12	8 h. 4 à 8 h. 15	8° 4′ 15″	
—	16	9 h. 30 à 9 h. 44	8° 2′ 36″	
—	26	8 h. 3 à 8 h. 16	7° 59′ 9″	
Décembre	3	8 h. 0 à 8 h. 11	8° 0′ 19″	Moyenne : 8° 0′ 44″.
—	10	8 h. 0 à 8 h. 8	8° 0′ 11″	
—	17	8 h. 0 à 8 h. 10	8° 0′ 56″	
—	23	8 h. 0 à 8 h. 13	8° 1′ 30″	
		1921		
Janvier	7	8 h. 0 à 8 h. 12	8° 0′ 7″	Moyenne : 7° 59′ 35″.
—	14	8 h. 3 à 8 h. 14	7° 58′ 52″	
—	21	7 h. 58 à 8 h. 7	7° 58′ 41″	
—	28	8 h. 0 à 8 h. 10	8° 0′ 41″	
Février	4	8 h. 15 à 8 h. 27	8° 0′ 37″	Moyenne : 8° 0′ 15″.
—	12	8 h. 0 à 8 h. 9	7° 59′ 49″	
—	17	8 h. 0 à 8 h. 12	7° 59′ 19″	
—	25	8 h. 0 à 8 h. 9	8° 1′ 15″	
Mars	4	8 h. 8 à 8 h. 10	8° 1′ 24″	Moyenne : 8° 1′ 43″.
—	11	8 h. 0 à 8 h. 9	8° 3′ 19″	
—	18	8 h. 0 à 8 h. 13	8° 1′ 15″	
—	23	7 h. 55 à 8 h. 3	8° 0′ 56″	

Mesures absolues. — Déclinaison (*suite*).

	DATES	HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Avril	1	8 h. 4 à 8 h. 15	8° 4′ 8″	Moyenne : 8° 1′ 24″.
—	8	8 h. 0 à 8 h. 8	8° 3′ 7″	
—	15	8 h. 2 à 8 h. 11	8° 1′ 52″	
—	22	8 h. 5 à 8 h. 15	7° 57′ 52″	
—	29	8 h. 3 à 8 h. 11	8° 0′ 4″	
Mai	6	8 h. 0 à 8 h. 7	7° 58′ 22″	Moyenne : 7° 59′ 34″.
—	13	8 h. 3 à 8 h. 10	8° 0′ 19″	
—	20	7 h. 58 à 8 h. 7	7° 58′ 7″	
—	27	8 h. 10 à 8 h. 19	8° 1′ 30″	
Juin	2	8 h. 0 à 8 h. 8	8° 0′ 15″	Moyenne : 7° 58′ 24″.
—	10	8 h. 3 à 8 h. 12	7° 57′ 41″	
—	16	8 h. 3 à 8 h. 14	7° 58′ 52″	
—	24	8 h. 0 à 8 h. 13	7° 56′ 51″	
Juillet	1	8 h. 2 à 8 h. 15	7° 58′ 15″	Moyenne : 7° 57′ 45″.
—	8	8 h. 3 à 8 h. 14	7° 58′ 15″	
—	15	8 h. 0 à 8 h. 13	7° 55′ 15″	
—	22	8 h. 2 à 8 h. 12	7° 58′ 49″	
—	29	8 h. 0 à 8 h. 11	7° 58′ 15″	
Août	5	8 h. 8 à 8 h. 11	7° 58′ 4″	Moyenne : 7° 58′ 46″.
—	12	8 h. 2 à 8 h. 14	7° 57′ 53″	
—	19	8 h. 2 à 8 h. 10	7° 58′ 49″	
—	26	8 h. 0 à 8 h. 8	8° 0′ 19″	
Septembre	2	8 h. 0 à 8 h. 10	7° 56′ 22″	Moyenne : 7° 56′ 48″.
—	9	8 h. 0 à 8 h. 13	7° 57′ 15″	
		Voyage Tamatave et Fénérive.		
Octobre	7	8 h. 5 à 8 h. 18	7° 56′ 15″	Moyenne : 7° 55′ 31″.
—	14	8 h. 0 à 8 h. 7	7° 57′ 8″	
—	21	8 h. 0 à 8 h. 9	7° 55′ 58″	
—	28	8 h. 0 à 8 h. 9	7° 53′ 4″	
Novembre	4	7 h. 56 à 8 h. 7	7° 56′ 11″	Moyenne : 7° 56′ 6″.
—	11	8 h. 3 à 8 h. 12	7° 55′ 37″	
—	18	7 h. 58 à 8 h. 10	7° 55′ 52″	
—	24	8 h. 2 à 8 h. 11	7° 56′ 45″	
Décembre	2	8 h. 0 à 8 h. 10	7° 58′ 4″	Moyenne : 7° 58′ 29″.
—	16	8 h. 2 à 8 h. 11	7° 59′ 15″	
—	22	8 h. 0 à 8 h. 10	8° 0′ 45″	
—	28	8 h. 3 à 8 h. 15	7° 56′ 52″	
		1922		
Janvier	6	7 h. 58 à 8 h. 8	7° 57′ 15″	Moyenne : 7° 57′ 58″.
—	13	8 h. 6 à 8 h. 16	7° 58′ 28″	
—	20	8 h. 3 à 8 h. 12	7° 58′ 11″	
—	27	7 h. 58 à 8 h. 7	7° 58′ 4″	
Février	3	8 h. 2 à 8 h. 11	8° 1′ 7″	Moyenne : 7° 53′ 25″.
—	10	8 h. 0 à 8 h. 10	7° 57′ 22″	
—	17	8 h. 4 à 8 h. 14	7° 44′ 22″	
—	18	7 h. 20 à 7 h. 32	7° 42′ 40″	
—	24	7 h. 55 à 8 h. 9	8° 1′ 34″	
Mars	3	8 h. 0 à 8 h. 14	7° 52′ 15″	Moyenne : 7° 49′ 41″.
—	10	8 h. 8 à 8 h. 19	7° 51′ 30″	
—	17	8 h. 0 à 8 h. 13	7° 50′ 41″	
—	24	8 h. 3 à 8 h. 14	7° 46′ 11″	
—	31	8 h. 0 à 8 h. 14	7° 47′ 49″	

Mesures absolues. — Déclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	DÉCLINAISON NORD-OUEST	
Avril	7	8 h. 0 à 8 h. 8	7° 48′ 4″	
—	21	8 h. 0 à 8 h. 10	7° 46′ 45″	Moyenne : 7° 46′ 38″.
—	28	8 h. 0 à 8 h. 12	7° 45′ 7″	
Mai	5	8 h. 2 à 8 h. 11	7° 47′ 45″	
—	12	8 h. 3 à 8 h. 13	7° 43′ 53″	Moyenne : 7° 43′ 56″.
—	19	8 h. 3 à 8 h. 12	7° 41′ 7″	
—	24	8 h. 0 à 8 h. 8	7° 43′ 0″	
Juin	2	8 h. 0 à 8 h. 11	7° 45′ 45″	
—	9	7 h. 58 à 8 h. 7	7° 41′ 15″	
—	16	8 h. 3 à 8 h. 13	7° 43′ 15″	Moyenne : 7° 41′ 26″.
—	23	8 h. 0 à 8 h. 9	7° 41′ 0″	
—	30	8 h. 0 à 8 h. 12	7° 41′ 37″	
Juillet	7	8 h. 0 à 8 h. 12	7° 42′ 14″	
—	13	8 h. 0 à 8 h. 2	7° 41′ 39″	Moyenne : 7° 42′ 17″.
—	28	8 h. 2 à 8 h. 10	7° 42′ 38″	
Août	19	8 h. 0 à 8 h. 14	7° 43′ 30″	
—	25	8 h. 0 à 8 h. 11	7° 40′ 37″	Moyenne : 7° 42′ 7″.
—	29	8 h. 0 à 8 h. 9	7° 42′ 15″	
Septembre	1	8 h. 0 à 8 h. 7	7° 43′ 31″	
—	8	8 h. 0 à 8 h. 9	7° 41′ 7″	Moyenne : 7° 43′ 15″.
—	15	8 h. 0 à 8 h. 9	7° 44′ 7″	
Veille de l'éclipse	19	6 h. 9 à 6 h. 19	7° 45′ 37″	
	»	8 h. 0 à 8 h. 7	7° 45′ 52″	Moyenne : 7° 46′ 38″
	»	9 h. 58 à 10 h. 7	7° 49′ 26″	
Jour de l'éclipse	20	6 h. 0 à 6 h. 12	7° 42′ 52″	Moyenne : 7° 44′ 50″.
Invisible	»	7 h. 58 à 8 h. 4	7° 44′ 53″	Moyenne
	»	9 h. 58 à 10 h. 6	7° 46′ 45″	du mois : 7° 44′ 19″.
Lendemain	21	6 h. 2 à 6 h. 19	7° 42′ 41″	
	»	7 h. 58 à 8 h. 5	7° 41′ 30″	Moyenne : 7° 42′ 53″.
	»	9 h. 58 à 10 h. 4	7° 44′ 30″	
	22	8 h. 2 à 8 h. 16	7° 43′ 15″	Moyenne : 7° 44′ 3″.
	29	8 h. 0 à 8 h. 12	7° 44′ 52″	
Octobre	6	8 h. 0 à 8 h. 10	7° 43′ 30″	
—	13	8 h. 3 à 8 h. 12	7° 47′ 11″	Moyenne : 7° 45′ 52″.
—	20	8 h. 3 à 8 h. 11	7° 47′ 30″	
—	27	9 h. 33 à 9 h. 46	7° 45′ 19″	
Novembre	3	8 h. 0 à 8 h. 12	7° 45′ 4″	
—	9	8 h. 0 à 8 h. 11	7° 47′ 15″	Moyenne : 7° 47′ 40″.
—	17	8 h. 3 à 8 h. 14	7° 50′ 7″	
—	24	8 h. 0 à 8 h. 12	7° 48′ 15″	
Décembre	1	8 h. 3 à 8 h. 11	7° 49′ 7″	
—	8	8 h. 0 à 8 h. 8	7° 49′ 37″	
—	15	8 h. 22 à 8 h. 34	7° 45′ 15″	Moyenne : 7° 46′ 59″.
—	22	8 h. 3 à 8 h. 13	7° 44′ 45″	
—	29	8 h. 0 à 8 h. 11	7° 46′ 15″	

Mesures absolues. — Composante horizontale.

	DATES	HEURES		
		1902		
Mai	2.	7 h. 9 à 7 h. 52	0,23246	
—	7.	7 h. 12 à 7 h. 50	186	
—	14.	7 h. 15 à 7 h. 50	096	Moyenne : 0,23164.
—	23.	7 h. 8 à 7 h. 43	140	
—	29.	7 h. 3 à 7 h. 39	150	
Juin	6.	6 h. 54 à 7 h. 29	193	
—	13.	7 h. 7 à 7 h. 41	115	Moyenne : 0,23131.
—	19.	6 h. 43 à 7 h. 15	111	
—	25.	16 h. 48 à 17 h. 25	115	
Juillet	2.	16 h. 58 à 17 h. 31	145	
—	9.	16 h. 32 à 17 h. 7	159	
—	16.	16 h. 21 à 16 h. 54	111	Moyenne : 0,23148.
—	23.	16 h. 56 à 17 h. 31	194	
—	31.	16 h. 22 à 17 h. 5	132	
Août	6.	16 h. 21 à 16 h. 58	088	
—	12.	16 h. 27 à 17 h. 2	128	Moyenne : 0,23114.
—	22.	11 h. 37 à 12 h. 11	190	
—	28.	11 h. 11 à 11 h. 49	201	
Septembre	3.	9 h. 6 à 9 h. 41	179	
—	10.	7 h. 47 à 8 h. 28	185	Moyenne : 0,23178.
—	17.	16 h. 29 à 17 h. 7	170	
Octobre	3.	8 h. 52 à 9 h. 38	271	
—	9.	15 h. 54 à 16 h. 37	197	
—	16.	15 h. 59 à 16 h. 45	194	Moyenne : 0,23210.
—	23.	16 h. 25 à 17 h. 9	264	
—	29.	12 h. 38 à 13 h. 14	177	
Novembre	5.	12 h. 26 à 12 h. 50	162	
—	13.	11 h. 15 à 11 h. 56	224	Moyenne : 0,23197.
—	20.	11 h. 31 à 12 h. 8	224	
—	26.	11 h. 43 à 12 h. 40	178	
Décembre	3.	16 h. 33 à 17 h. 11	140	
—	12.	13 h. 17 à 13 h. 59	183	Moyenne : 0,23181.
—	24.	12 h. 5 à 12 h. 23	225	
—	31.	9 h. 5 à 9 h. 38	198	
		1903		
Janvier	7.	12 h. 1 à 12 h. 35	233	
—	15.	8 h. 20 à 8 h. 59	190	Moyenne : 0,23198.
—	23.	12 h. 6 à 12 h. 33	192	
—	29.	11 h. 53 à 12 h. 24	185	
Février	4.	13 h. 2 à 13 h. 34	146	
—	13.	12 h. 19 à 12 h. 56	158	
—	18.	11 h. 23 à 11 h. 54	185	Moyenne : 0,23177.
—	26.	8 h. 32 à 9 h. 10	183	
—	27.	13 h. 23 à 13 h. 58	214	
Mars	13.	16 h. 4 à 16 h. 43	217	
—	14.	16 h. 11 à 16 h. 49	178	Moyenne : 0,23170.
—	19.	11 h. 23 à 11 h. 58	161	
—	25.	12 h. 3 à 12 h. 36	127	
Avril	3.	12 h. 13 à 12 h. 51	131	
—	8.	12 h. 13 à 12 h. 57	203	
—	15.	11 h. 44 à 12 h. 19	112	Moyenne : 0,23126.
—	22.	12 h. 9 à 12 h. 49	067	
—	28.	12 h. 29 à 13 h.	118	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

DATES		HEURES		
Mai	8	12 h. 25 à 12 h. 58	0,23103	Moyenne : 0,23092.
—	15	13 h. 51 à 14 h. 22	042	
—	20	8 h. 5 à 8 h. 40	121	
—	27	12 h. 28 à 13 h. 3	103	
Juin	4	12 h. 30 à 13 h. 7	082	Moyenne : 0,23101.
—	12	14 h. 10 à 14 h. 40	090	
—	19	11 h. 49 à 12 h. 21	111	
—	26	15 h. 2 à 15 h. 40	124	
Juillet	1	11 h. 51 à 12 h. 29	075	Moyenne : 0,23055.
—	10	12 h. 7 à 12 h. 47	098	
—	15	12 h. 0 à 12 h. 34	044	
—	22	11 h. 56 à 12 h. 36	052	
—	29	16 h. 26 à 16 h. 59	009	
Août	4	11 h. 21 à 12 h. 0	103	Moyenne : 0,23074.
—	12	12 h. 3 à 12 h. 32	030	
—	18	11 h. 59 à 12 h. 35	090	
—	25	11 h. 18 à 11 h. 52	075	
Septembre	2	12 h. 27 à 13 h. 1	068	Moyenne : 0,23078.
—	8	11 h. 35 à 12 h. 9	116	
—	13	13 h. 46 à 14 h. 19	065	
—	26	16 h. 1 à 16 h. 34	066	
Octobre	3	13 h. 27 à 13 h. 55	107	Moyenne : 0,23132.
—	10	14 h. 40 à 15 h. 53	130	
—	17	15 h. 27 à 15 h. 59	162	
—	24	13 h. 13 à 13 h. 45	131	
—	31	15 h. 44 à 16 h. 15	0,22625	
Novembre	7	14 h. 41 à 15 h. 10	0,23138	Moyenne : 0,23090.
—	14	8 h. 37 à 9 h. 9	069	
—	21	12 h. 0 à 12 h. 31	048	
—	28	11 h. 40 à 12 h. 12	107	
Décembre	5	11 h. 38 à 12 h. 8	062	Moyenne : 0,23059.
—	9	11 h. 38 à 12 h. 12	033	
—	19	11 h. 56 à 12 h. 27	061	
—	23	12 h. 26 à 12 h. 57	066	
—	30	8 h. 29 à 9 h. 1	123	
		1904		
Janvier	8	11 h. 44 à 12 h. 6	026	Moyenne : 0,23050.
—	15	12 h. 14 à 12 h. 49	051	
—	22	12 h. 8 à 12 h. 41	035	
—	29	12 h. 15 à 12 h. 46	090	
Février	5	11 h. 27 à 11 h. 59	100	Moyenne : 0,23083.
—	12	11 h. 47 à 12 h. 20	090	
—	19	11 h. 58 à 12 h. 27	079	
—	26	11 h. 50 à 12 h. 20	063	
Mars	4	11 h. 53 à 12 h. 25	008	Moyenne : 0 23042.
—	11	11 h. 39 à 12 h. 8	066	
—	18	11 h. 30 à 12 h. 1	037	
—	25	11 h. 49 à 12 h. 20	064	
—	29	11 h. 41 à 12 h. 12	039	
Avril	8	12 h. 1 à 12 h. 31	006	Moyenne : 0,23006.
—	15	11 h. 57 à 12 h. 27	053	
—	22	11 h. 31 à 12 h. 1	010	
—	29	11 h. 40 à 12 h. 9	0,22958	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

DATES		HEURES		
Mai	6	11 h. 34 à 12 h. 5	0,22974	Moyenne : 0,22993.
—	13	11 h. 21 à 11 h. 50	982	
—	20	11 h. 31 à 12 h. 3	980	
—	28	11 h. 51 à 12 h. 24	0,23038	
Juin	3	11 h. 49 à 12 h. 25	0,22956	Moyenne : 0,22985.
—	10	11 h. 41 à 12 h. 13	965	
—	17	11 h. 42 à 12 h. 15	999	
—	24	13 h. 36 à 14 h. 29	0,23023	
Juillet	1	11 h. 33 à 12 h. 6	0,22994	Moyenne : 0,23007.
—	8	11 h. 40 à 12 h. 12	984	
—	14	15 h. 27 à 16 h. 9	937	
—	21	14 h. 19 à 14 h. 51	0,23080	
—	29	11 h. 45 à 12 h. 18	044	
Août	5	11 h. 57 à 12 h. 31	0,22992	Moyenne : 0,22998.
—	12	11 h. 50 à 12 h. 22	0,23005	
—	19	11 h. 54 à 12 h. 24	002	
—	26	11 h. 22 à 11 h. 52	0,22996	
Septembre	2	11 h. 56 à 12 h. 27	970	Moyenne : 0,22991.
—	9	11 h. 53 à 12 h. 37	980	
—	16	12 h. 22 à 12 h. 54	998	
—	24	9 h. 18 à 9 h. 54	0,23019	
Octobre	1	9 h. 21 à 9 h. 50	010	Moyenne : 0,22996.
—	8	12 h. 17 à 12 h. 49	024	
—	15	9 h. 40 à 10 h. 9	002	
—	22	12 h. 12 à 12 h. 47	033	
—	29	11 h. 41 à 12 h. 13	0,22915	
Novembre	5	9 h. 49 à 10 h. 20	981	Moyenne : 0,23028.
—	11	12 h. 21 à 12 h. 52	0,23104	
—	19	11 h. 33 à 12 h. 2	006	
—	25	11 h. 13 à 11 h. 42	036	
—	29	8 h. 38 à 9 h. 6	015	
Décembre	9	13 h. 6 à 13 h. 44	056	Moyenne : 0,23019.
—	13	13 h. 41 à 14 h. 9	042	
—	23	11 h. 50 à 12 h. 21	003	
—	30	11 h. 55 à 12 h. 27	0,22976	
		1905		
Janvier	6	11 h. 48 à 12 h. 20	0,22933	Moyenne : 0,22963.
—	13	11 h. 36 à 12 h. 6	0,23013	
—	20	12 h. 10 à 12 h. 41	0,22975	
—	27	11 h. 42 à 12 h. 15	933	
Février	3	11 h. 43 à 12 h. 14	0,23001	Moyenne : 0,22979.
—	10	11 h. 39 à 12 h. 6	0,22976	
—	17	11 h. 49 à 12 h. 16	0,23000	
—	24	12 h. 22 à 12 h. 53	0,22941	
Mars	3	11 h. 42 à 12 h. 24	971	Moyenne : 0,22964.
—	10	11 h. 52 à 12 h. 25	929	
—	17	12 h. 0 à 12 h. 24	965	
—	24	11 h. 50 à 12 h. 16	989	
	31	12 h. 14 à 12 h. 44	966	
Avril	7	12 h. 15 à 12 h. 44	939	Moyenne : 0,22971.
—	14	12 h. 29 à 12 h. 58	974	
—	18	11 h. 34 à 12 h. 9	988	
—	28	11 h. 48 à 12 h. 18	985	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

DATES		HEURES		
Mai	5	12 h. 0 à 12 h. 27	0,22990	Moyenne : 0,22954.
—	12	11 h. 41 à 12 h. 10	0,23002	
—	19	11 h. 46 à 12 h. 12	0,22884	
—	26	11 h. 59 à 12 h. 26	942	
Juin	2	11 h. 33 à 12 h. 14	879	Moyenne : 0,22946.
—	9	12 h. 3 à 12 h. 35	0,23006	
—	16	12 h. 0 à 12 h. 27	005	
—	23	11 h. 34 à 12 h. 18	0,22911	
—	30	12 h. 20 à 12 h. 50	931	
Juillet	7	12 h. 11 à 12 h. 39	872	Moyenne : 0,22909.
—	14	13 h. 20 à 13 h. 47	948	
—	21	12 h. 16 à 12 h. 43	899	
—	28	11 h. 47 à 12 h. 38	917	
Août	4	11 h. 52 à 12 h. 20	892	Moyenne : 0,22918.
—	11	11 h. 40 à 12 h. 23	962	
—	18	12 h. 14 à 12 h. 44	900	
—	25	11 h. 16 à 11 h. 45	918	
Septembre	1	12 h. 9 à 12 h. 38	899	Moyenne : 0,22919.
—	8	11 h. 47 à 12 h. 31	947	
—	17	12 h. 10 à 12 h. 42	956	
—	23	9 h. 21 à 9 h. 51	848	
—	30	9 h. 13 à 9 h. 52	948	
Octobre	7	13 h. 16 à 13 h. 49	867	Moyenne : 0,22949.
—	14	9 h. 40 à 10 h. 9	969	
—	21	9 h. 42 à 10 h. 18	948	
—	28	9 h. 11 à 9 h. 41	0,23014	
Novembre	4	13 h. 37 à 14 h. 5	0,22933	Moyenne : 0,22885.
—	11	9 h. 15 à 9 h. 50	925	
—	18	9 h. 19 à 9 h. 50	806	
—	25	9 h. 49 à 10 h. 17	877	
Décembre	1	13 h. 34 à 14 h. 2	959	Moyenne : 0,22923.
—	7	13 h. 30 à 14 h. 0	930	
—	19	8 h. 43 à 9 h. 18	896	
—	23	9 h. 0 à 9 h. 28	899	
—	29	12 h. 39 à 13 h. 10	935	
		1906		
Janvier	5	12 h. 34 à 13 h. 15	0,22974	Moyenne : 0,22952.
—	12	13 h. 9 à 13 h. 36	956	
—	19	13 h. 31 à 14 h. 1	888	
—	26	12 h. 41 à 13 h. 10	995	
Février	2	8 h. 57 à 9 h. 26	900	Moyenne : 0,22917.
—	9	12 h. 37 à 13 h. 8	910	
—	16	12 h. 37 à 13 h. 12	953	
—	23	12 h. 33 à 13 h. 7	905	
Mars	2	12 h. 45 à 13 h. 16	873	Moyenne : 0,22879.
—	9	11 h. 35 à 12 h. 3	890	
—	16	11 h. 40 à 12 h. 21	870	
—	23	11 h. 31 à 11 h. 57	878	
—	30	12 h. 27 à 13 h.	886	
Avril	6	12 h. 27 à 12 h. 59	909	Moyenne : 0,22927.
—	10	12 h. 34 à 13 h. 7	935	
—	29	12 h. 26 à 12 h. 57	952	
—	27	12 h. 26 à 12 h. 54	899	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

	DATES	HEURES		
Mai	4	12 h. 23 à 12 h. 52	0,22882	Moyenne : 0,22877.
—	11	12 h. 20 à 12 h. 51	908	
—	18	12 h. 17 à 12 h. 45	861	
—	25	12 h. 20 à 12 h. 56	858	
Juin	1	12 h. 23 à 12 h. 52	907	Moyenne : 0,22863.
—	8	12 h. 25 à 12 h. 56	820	
—	15	12 h. 26 à 12 h. 54	851	
—	22	12 h. 28 à 12 h. 57	868	
—	29	12 h. 28 à 12 h. 55	869	
Juillet	6	11 h. 31 à 12 h. 19	893	Moyenne : 0,22857.
—	13	12 h. 52 à 13 h. 22	821	
—	20	13 h. 29 à 13 h. 56	889	
—	27	12 h. 30 à 13 h. 3	827	
Août	3	12 h. 35 à 12 h. 4	859	Moyenne : 0,22850.
—	10	11 h. 25 à 11 h. 56	806	
—	17	11 h. 35 à 12 h. 6	851	
—	24	12 h. 28 à 12 h. 56	915	
—	31	12 h. 26 à 12 h. 59	822	
Septembre	7	12 h. 22 à 12 h. 52	815	Moyenne : 0,22876.
—	14	12 h. 20 à 12 h. 48	880	
—	21	12 h. 16 à 12 h. 43	927	
—	28	12 h. 15 à 12 h. 42	883	
Octobre	6	8 h. 6 à 8 h. 35	866	Moyenne : 0,22870.
—	13	8 h. 10 à 8 h. 40	828	
—	19	12 h. 11 à 12 h. 49	897	
—	26	12 h. 8 à 12 h. 38	891	
Novembre	2	12 h. 9 à 12 h. 42	840	Moyenne : 0,22834.
—	9	12 h. 13 à 12 h. 43	889	
—	16	12 h. 14 à 12 h. 44	760	
—	23	11 h. 28 à 12 h. 14	823	
—	30	11 h. 57 à 12 h. 31	860	
Décembre	7	12 h. 6 à 12 h. 38	843	Moyenne : 0,22822.
—	18	8 h. 37 à 9 h. 12	782	
—	21	11 h. 33 à 12 h. 3	828	
—	28	11 h. 34 à 12 h. 25	838	
		1907		
Janvier	4	11 h. 27 à 11 h. 56	0,22786	Moyenne : 0,22811.
—	11	11 h. 20 à 11 h. 49	837	
—	18	11 h. 31 à 12 h. 0	802	
—	25	11 h. 32 à 11 h. 59	821	
Février	1	12 h. 35 à 13 h. 6	747	Moyenne : 0,22803.
—	8	11 h. 29 à 11 h. 59	867	
—	15	10 h 49 à 11 h. 20	783	
—	22	11 h. 30 à 11 h. 57	816	
Mars	1	11 h. 32 à 11 h. 58	872	Moyenne : 0,22785.
—	8	11 h. 17 à 11 h. 47	736	
—	15	11 h. 26 à 11 h. 53	798	
—	22	11 h. 20 à 11 h. 50	763	
—	27	8 h. 26 à 8 h. 56	856	
Avril	5	12 h. 30 à 13 h. 0	835	Moyenne : 0,22843.
—	12	11 h. 23 à 11 h. 52	906	
—	19	11 h. 28 à 12 h. 13	790	
—	26	11 h. 36 à 12 h. 17	835	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

DATES		HEURES		
Mai	3.	11 h. 25 à 12 h. 11	0,22777	Moyenne : 0,22780.
—	10.	11 h. 28 à 12 h. 18	830	
—	17.	12 h. 23 à 12 h. 50	722	
—	24.	12 h. 22 à 12 h. 50	762	
—	31.	12 h. 26 à 12 h. 52	810	
Juin	7.	12 h. 31 à 12 h. 58	811	Moyenne : 0,22821.
—	14.	11 h. 34 à 12 h. 16	821	
—	21.	12 h. 27 à 12 h. 55	783	
—	28.	12 h. 33 à 13 h. 1	872	
Juillet	5.	12 h. 32 à 12 h. 59	851	Moyenne : 0,22799.
—	12.	11 h. 37 à 12 h. 31	771	
—	19.	12 h. 37 à 13 h. 3	798	
—	26.	12 h. 34 à 13 h. 2	778	
Août	2.	12 h. 40 à 13 h. 11	705	Moyenne : 0,22746.
—	9.	12 h. 31 à 13 h. 2	750	
—	16.	12 h. 33 à 13 h. 2	744	
—	23.	12 h. 26 à 12 h. 53	738	
—	30.	12 h. 25 à 12 h. 59	797	
Septembre	6.	12 h. 26 à 12 h. 55	816	Moyenne : 0,22766.
—	13.	12 h. 24 à 12 h. 56	751	
—	20.	12 h. 21 à 12 h. 51	741	
—	27.	12 h. 21 à 12 h. 50	756	
Octobre	4.	12 h. 16 à 12 h. 49	793	Moyenne : 0,22776.
—	11.	12 h. 11 à 12 h. 38	819	
—	18.	12 h. 11 à 12 h. 41	756	
—	25.	12 h. 7 à 12 h. 36	789	
—	30.	12 h. 06 à 12 h. 35	724	
Novembre	8.	12 h. 9 à 12 h. 38	841	Moyenne : 0,22805.
—	15.	12 h. 5 à 12 h. 32	826	
—	22.	12 h. 31 à 12 h. 59	749	
Décembre	3.	8 h. 13 à 8 h. 44	821	Moyenne : 0,22804.
—	6.	12 h. 44 à 13 h. 11	820	
—	13.	12 h. 50 à 13 h. 18	764	
—	20	12 h. 39 à 13 h. 9	817	
—	27.	12 h. 40 à 13 h. 7	798	
		1908		
Janvier	3.	12 h. 51 à 13 h. 27	0 22759	Moyenne : 0,22797.
—	10.	12 h. 46 à 13 h. 17	770	
—	17.	13 h. 1 à 13 h. 29	818	
—	24.	12 h. 15 à 12 h. 41	801	
—	31.	12 h. 24 à 12 h. 50	835	
Février	7.	12 h. 8 à 12 h. 42	783	Moyenne : 0,22801.
—	14.	12 h. 46 à 13 h. 11	814	
—	21.	12 h. 38 à 13 h. 6	802	
—	28.	12 h. 35 à 13 h. 6	805	
Mars	6.	12 h. 55 à 13 h. 25	742	Moyenne : 0,22755.
—	13.	12 h. 50 à 13 h. 21	744	
—	20.	12 h. 41 à 13 h. 8	779	
—	27.	12 h. 10 à 12 h. 39	757	
Avril	3.	12 h. 39 à 13 h. 6	773	Moyenne : 0,22789.
—	10.	12 h. 35 à 13 h. 6	800	
—	15.	8 h. 20 à 8 h. 52	757	
—	24.	12 h. 33 à 13 h. 4	829	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

DATES		HEURES		
Mai	1	12 h. 40 à 13 h. 8	0,22778	
—	8	12 h. 04 à 12 h. 35	744	
—	15	12 h. 30 à 13 h. 0	734	Moyenne : 0,22773.
—	22	12 h. 33 à 13 h. 1	839	
—	29	12 h. 36 à 13 h. 6	550	
Juillet	29	12 h. 54 à 13 h. 34	741	Moyenne : 0,22741.
Octobre	17	8 h. 37 à 9 h. 8	815	
—	23	8 h. 38 à 9 h. 10	793	Moyenne : 0,22804.
—	30	9 h. 13 à 9 h. 50	803	
Novembre	6	8 h. 48 à 9 h. 22	741	
—	19	8 h. 50 à 9 h. 21	734	Moyenne : 0,22722.
—	28	8 h. 37 à 9 h. 11	691	
Décembre	5	8 h. 41 à 9 h. 13	680	
—	12	8 h. 52 à 9 h. 21	737	Moyenne : 0,22720.
—	18	8 h. 46 à 9 h. 15	690	
—	24	8 h. 35 à 9 h. 6	774	
		1909		
Janvier	7	8 h. 26 à 8 h. 54	0,22721	
—	14	8 h. 56 à 9 h. 18	768	Moyenne : 0,22743.
—	22	8 h. 32 à 9 h. 6	774	
—	29	8 h. 37 à 9 h. 1	711	
Février	5	8 h. 43 à 9 h. 13	704	
—	12	8 h. 36 à 9 h.	786	Moyenne : 0,22735.
—	20	8 h. 47 à 9 h. 20	732	
—	27	8 h. 48 à 9 h. 20	717	
Mars	5	8 h. 53 à 9 h. 21	733	
—	12	8 h. 24 à 9 h. 0	702	Moyenne : 0,22703.
—	19	8 h. 45 à 9 h. 20	702	
—	26	8 h. 37 à 8 h. 55	684	
Avril	2	8 h. 43 à 9 h. 2	759	
—	10	9 h. 5 à 9 h. 36	771	
—	16	8 h. 52 à 9 h. 23	725	Moyenne : 0,22748.
—	23	8 h. 30 à 9 h. 0	756	
—	30	8 h. 40 à 9 h. 10	728	
Mai	7	8 h. 50 à 9 h. 20	670	
—	13	8 h. 57 à 9 h. 36	670	Moyenne : 0,22697.
—	21	9 h. 3 à 9 h. 31	726	
—	28	8 h. 41 à 9 h. 10	722	
Juin	4	8 h. 41 à 9 h. 5	685	
—	11	8 h. 46 à 9 h. 11	746	Moyenne : 0,22743.
—	18	9 h. 7 à 9 h. 34	710	
—	25	8 h. 49 à 9 h. 19	832	
Juillet	2	8 h. 34 à 9 h. 0	712	
—	10	8 h. 34 à 9 h 5	752	
—	16	12 h. 20 à 12 h. 50	755	Moyenne : 0,22736.
—	23	8 h. 58 à 9 h. 6	757	
—	30	9 h. 9 à 9 h. 40	703	
Août	27	8 h. 30 à 8 h. 48	684	Moyenne : 0,22684.
Septembre	4	8 h. 20 à 8 h. 50	659	
—	10	8 h. 48 à 9 h. 10	678	Moyenne : 0,22659.
—	17	8 h. 33 à 9 h. 0	671	
—	24	8 h. 52 à 9 h. 26	630	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

DATES			HEURES		
Octobre		1	8 h. 44 à 9 h. 11	0,22598	
—		16	8 h. 33 à 9 h. 0	634	Moyenne : 0.22618.
—		22	8 h. 46 à 9 h. 6	572	
—		29	9 h. 43 à 9 h. 11	670	
Novembre		5	8 h. 45 à 9 h. 6	709	
—		12	8 h. 36 à 9 h. 0	667	Moyenne : 0,22658.
—		19	8 h. 41 à 9 h. 5	602	
—		26	12 h. 25 à 12 h. 46	654	
Décembre		4	8 h. 34 à 9 h. 0	610	
—		10	8 h. 18 à 8 h. 48	607	Moyenne : 0.22612.
—		31	8 h. 21 à 8 h. 46	629	
			1910		
Janvier		7	8 h. 39 à 9 h. 9	0,22658	
—	E. C.	8	8 h. 34 à 9 h. 47	626	
—		16	8 h. 20 à 8 h. 44	642	Moyenne : 0,22635.
—		21	8 h. 35 à 9 h. 0	642	
—		28	8 h. 27 à 9 h. 0	610	
Février		5	8 h. 29 à 9 h. 5	617	
—		14	8 h. 30 à 9 h. 0	632	Moyenne : 0,22623.
—		26	8 h. 44 à 9 h. 10	620	
Mars		4	8 h. 40 à 9 h. 8	658	
—		11	8 h. 23 à 8 h. 50	609	Moyenne : 0,22617.
—		19	10 h. 15 à 10 h. 40	608	
—		25	10 h. 19 à 10 h. 50	592	
Avril		1	10 h. 20 à 10 h. 50	579	
—		8	8 h. 50 à 9 h. 20	562	
—	E. C.	15	9 h. 15 à 9 h. 52	592	Moyenne : 0,22576.
—	E. C.	22	8 h. 38 à 9 h. 13	597	
—	E. C.	29	8 h. 37 à 9 h. 7	550	
Mai	E. C.	7	14 h. 55 à 15 h. 22	605	
—		13	9 h. 29 à 9 h. 59	571	Moyenne : 0,22581.
—		20	9 h. 37 à 10 h. 0	525	
—		27	9 h. 46 à 10 h. 18	625	
Juin		3	9 h. 28 à 9 h. 56	619	
—		10	9 h. 17 à 9 h. 50	565	Moyenne : 0,22592.
—		18	9 h. 37 à 10 h. 0	598	
—		24	9 h. 20 à 9 h. 40	607	
Juillet		1	9 h. 23 à 9 h. 50	477	
—		8	9 h. 26 à 9 h. 50	548	
—		16	9 h. 19 à 9 h. 50	580	Moyenne : 0,22558.
—		21	9 h. 39 à 10 h. 16	594	
—	E. C.	29	9 h. 37 à 10 h. 11	593	
Août	E. C.	5	9 h. 9 à 9 h. 43	594	
—	E. C.	12	9 h. 10 à 9 h. 55	558	Moyenne : 0,22571.
—	E. C.	19	8 h. 48 à 9 h. 21	558	
—		26	9 h. 20 à 9 h. 50	573	
Septembre		3	9 h. 14 à 9 h. 45	598	
—		9	9 h. 32 à 10 h. 3	664	
—		16	9 h. 29 à 10 h. 0	620	Moyenne : 0.22598.
—		23	9 h. 17 à 9 h. 40	526	
—		30	9 h. 30 à 9 h. 50	581	
Octobre		7	9 h. 33 à 10 h. 5	508	
—		13	9 h. 13 à 10 h. 33	528	Moyenne : 0,22531.
—		21	9 h. 31 à 10 h. 0	560	
—		27	9 h. 27 à 9 h. 58	527	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

DATES		HEURES		
Novembre	4	9 h. 18 à 9 h. 50	0,22630	
—	11	9 h. 30 à 10 h. 0	551	Moyenne : 0,22555.
—	19	9 h. 17 à 9 h. 50	512	
—	E. C. 25	12 h. 40 à 13 h 11	527	
Décembre	2	12 h. 5 à 12 h. 16	527	
—	E. C. 16	12 h. 14 à 12 h. 49	596	Moyenne : 0,22571.
—	23	9 h. 23 à 9 h. 50	589	
		1911		
Janvier	5	9 h. 30 à 10 h. 0	0,22576	
—	13	9 h. 55 à 10 h. 30	600	Moyenne : 0,22577.
—	20	9 h. 43 à 10 h. 11	535	
—	26	9 h. 7 à 9 h. 40	598	
Février	4	9 h. 21 à 9 h 50	601	
—	11	9 h. 20 à 9 h. 50	579	Moyenne : 0,22570.
—	18	9 h. 22 à 9 h. 56	541	
—	25	9 h. 33 à 10 h. 0	559	
Mars	4	9 h. 19 à 9 h. 50	508	
—	11	9 h. 25 à 9 h. 56	587	Moyenne : 0,22555.
—	20	9 h. 35 à 10 h. 0	568	
—	25	9 h. 26 à 9 h. 54	556	
Avril	1	9 h. 22 à 9 h. 50	580	
—	8	9 h. 26 à 9 h. 58	593	Moyenne : 0,22586.
—	21	9 h. 22 à 9 h. 53	574	
—	28	9 h. 21 à 9 h. 46	597	
Mai	6	9 h. 35 à 10 h. 2	607	
—	13	9 h. 37 à 10 h. 6	588	Moyenne : 0,22585.
—	20	9 h. 23 à 9 h. 53	572	
—	29	9 h. 24 à 9 h. 52	574	
Juin	3	9 h. 7 à 9 h. 38	568	
—	10	9 h. 22 à 9 h. 53	554	Moyenne : 0,22564.
—	18	9 h. 31 à 10 h. 2	544	
—	24	9 h. 21 à 9 h. 48	585	
Juillet	1	9 h. 23 à 9 h. 54	637	
—	15	9 h. 19 à 9 h. 54	601	Moyenne : 0,22590.
—	22	9 h. 34 à 10 h. 0	559	
—	28	9 h. 26 à 9 h. 52	593	
Août	4	9 h. 41 à 10 h. 10	590	
—	11	9 h. 20 à 9 h. 50	558	Moyenne : 0,22569.
—	18	8 h. 49 à 9 h. 17	578	
—	25	9 h. 20 à 9 h. 50	550	
Septembre	2	9 h. 0 à 9 h. 30	556	
—	E. C. 8	8 h. 45 à 9 h. 17	566	
—	E. C. 15	9 h. 6 à 9 h. 45	578	Moyenne : 0,22560.
—	22	9 h. 17 à 9 h. 44	550	
—	29	9 h. 23 à 9 h. 50	550	
Octobre	5	9 h. 8 à 9 h. 38	578	
—	12	9 h. 19 à 9 h. 56	558	Moyenne : 0,22581.
—	20	9 h. 17 à 9 h. 42	605	
—	27	9 h. 15 à 9 h. 46	585	
Novembre	3	9 h. 18 à 9 h. 45	548	
—	10	9 h. 18 à 9 h. 46	555	Moyenne : 0,22549
—	17	9 h. 15 à 9 h. 48	550	
—	24	9 h. 21 à 9 h. 43	545	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

DATES		HEURES		
Décembre	1.	9 h. 19 à 9 h. 45	0,22558	Moyenne : 0,22569.
—	8.	9 h. 16 à 9 h. 44	575	
—	15.	9 h. 17 à 9 h. 42	563	
—	22.	9 h. 12 à 9 h. 42	585	
—	29.	9 h. 20 à 9 h. 45	563	
		1912		
Janvier	5.	9 h. 10 à 9 h. 38	0,22556	Moyenne : 0,22535.
—	E. C. 12.	9 h. 8 à 9 h. 48	517	
—	E. C. 12.	15 h. 36 à 16 h. 10	50.	
—	19.	9 h. 17 à 9 h. 44	547	
—	26.	9 h. 15 à 9 h. 42	548	
Février	2.	9 h. 13 à 9 h. 41	533	Moyenne : 0,22537.
—	9.	9 h. 13 à 9 h. 41	542	
—	16.	9 h. 12 à 9 h. 41	530	
—	23.	9 h. 19 à 9 h. 46	543	
Mars	1.	9 h. 25 à 9 h. 53	544	Moyenne : 0,22540.
—	8.	9 h. 10 à 9 h. 36	536	
—	22.	9 h. 15 à 9 h. 55	531	
—	29.	9 h. 15 à 9 h. 43	557	
Avril	5.	9 h. 19 à 9 h. 45	557	Moyenne : 0,22551.
—	12.	9 h. 13 à 9 h. 50	543	
—	19.	9 h. 17 à 9 h. 46	556	
—	26.	9 h. 14 à 9 h. 43	547	
Mai	3.	9 h. 14 à 9 h. 47	552	Moyenne : 0,22545.
—	10.	9 h. 14 à 9 h. 45	571	
—	17.	9 h. 14 à 9 h. 39	532	
—	24.	9 h. 12 à 9 h. 39	543	
—	31.	9 h. 12 à 9 h. 54	547	
Juin	7.	9 h. 12 à 9 h. 42	544	Moyenne : 0,22545.
—	14.	9 h. 8 à 9 h. 34	547	
—	21.	9 h. 16 à 9 h. 43	539	
—	27.	9 h. 8 à 9 h. 45	550	
Juillet	5.	9 h. 12 à 9 h. 40	547	Moyenne : 0,22518.
—	12.	9 h. 8 à 9 h. 36	506	
—	26.	9 h. 9 à 9 h. 37	502	
Août	10.	9 h. 9 à 9 h. 35	510	Moyenne : 0,22501.
—	16.	9 h. 11 à 9 h. 37	494	
—	23.	8 h. 34 à 9 h. 4	349	
Septembre	6.	9 h. 17 à 9 h. 54	449	Moyenne : 0,22449.
Octobre	5.	9 h. 4 à 9 h. 41	429	Moyenne : 0,22427.
—	11.	9 h. 10 à 9 h. 48	415	
—	18.	9 h. 30 à 9 h. 56	417	
—	25.	9 h. 20 à 9 h. 48	446	
Novembre	2.	9 h. 12 à 9 h. 42	428	Moyenne : 0,22439.
—	8.	9 h. 19 à 9 h. 46	438	
—	15.	9 h. 13 à 9 h. 49	448	
—	23.	9 h. 10 à 9 h. 44	444	
Décembre	6.	9 h. 13 à 9 h. 50	466	Moyenne : 0,22456.
—	14.	9 h. 21 à 9 h. 47	456	
—	20.	9 h. 14 à 9 h. 44	450	
—	27.	9 h. 10 à 9 h. 45	453	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

	DATES	HEURES		
		1913		
Janvier	6	9 h. 16 à 9 h. 46	0,22477	Moyenne : 0,22477.
—	20	9 h. 11 à 9 h. 42	481	
—	24	9 h. 18 à 9 h. 45	472	
Février	1	9 h. 14 à 9 h. 41	468	Moyenne : 0,22467.
—	8	9 h. 10 à 9 h. 43	466	
—	13	9 h. 6 à 9 h. 33	466	
—	27	9 h. 13 à 9 h. 43	488	
Mars	7	9 h. 7 à 9 h. 37	468	Moyenne : 0,22477.
—	16	9 h. 0 à 9 h. 30	490	
—	21	9 h. 13 à 9 h. 43	492	
—	28	9 h. 20 à 9 h. 43	457	
Avril	5	9 h. 7 à 9 h. 31	471	Moyenne : 0,22470.
—	12	9 h. 15 à 9 h. 43	462	
—	19	9 h. 21 à 9 h. 46	476	
—	E. C. 25	8 h. 29 à 9 h. 10	341	
Mai	E. C. 2	8 h. 28 à 9 h. 7	331	Moyenne : 0,22481.
—	E. C. 9	8 h. 14 à 8 h. 52	322	
—	23	9 h. 14 à 9 h. 40	485	
—	30	9 h. 14 à 9 h. 40	478	
Juin	8	9 h. 7 à 9 h. 26	478	Moyenne : 0,22487.
—	14	9 h. 21 à 9 h. 50	483	
—	20	9 h. 17 à 9 h. 35	493	
—	28	9 h. 20 à 9 h. 38	486	
Juillet	4	9 h. 15 à 9 h. 40	494	Moyenne : 0,22504.
—	11	9 h. 20 à 9 h. 44	481	
—	20	9 h. 9 à 9 h. 36	507	
—	25	9 h. 9 à 9 h. 35	534	
Août	1	9 h. 15 à 9 h. 43	563	Moyenne : 0,22547.
—	9	9 h. 12 à 9 h. 45	546	
—	E. C. 16	9 h. 9 à 9 h. 40	557	
—	E. C. 23	9 h. 9 à 9 h. 40	550	
—	E. C. 29	9 h. 13 à 9 h. 47	517	
Septembre	E. C. 5	9 h. 17 à 9 h. 43	528	Moyenne : 0,22515.
—	16	9 h. 13 à 9 h. 37	499	
—	19	9 h. 12 à 9 h. 45	520	
—	25	9 h. 14 à 9 h. 42	513	
Octobre	3	9 h. 15 à 9 h. 48	504	Moyenne : 0,22499.
—	10	9 h. 12 à 9 h. 38	506	
—	17	9 h. 9 à 9 h. 30	482	
—	24	9 h. 9 à 9 h. 38	501	
—	31	9 h. 8 à 9 h. 33	504	
Novembre	7	9 h. 14 à 9 h. 40	513	Moyenne : 0,22496.
—	14	9 h. 13 à 9 h. 38	470	
—	E. C. 21	9 h. 16 à 9 h. 46	523	
—	E. C. 28	9 h. 10 à 9 h. 42	477	
Décembre	5	9 h. 12 à 9 h. 45	452	Moyenne : 0,22482.
—	12	9 h. 9 à 9 h. 27	495	
—	19	9 h. 14 à 9 h. 41	508	
—	27	9 h. 14 à 9 h. 30	472	
		1914		
Janvier	2	9 h. 12 à 9 h. 36	0,22524	Moyenne : 0,22489.
—	8	9 h. 17 à 9 h. 44	475	
—	15	9 h. 15 à 9 h. 43	498	
—	E. C. 23	9 h. 14 à 9 h. 46	462	
—	30	9 h. 18 à 9 h. 44	485	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

DATES		HEURES		
Février	6	9 h. 11 à 9 h. 37	0,22480	Moyenne : 0,22488.
—	13	9 h. 6 à 9 h. 33	498	
—	20	9 h. 14 à 9 h. 38	479	
—	27	9 h. 10 à 9 h. 38	497	
Mars	E. C 6	9 h. 4 à 9 h. 31	482	Moyenne : 0,22497.
—	E. C. 13	9 h. 21 à 9 h. 53	473	
—	E. C. 20	9 h. 55 à 10 h. 35	555	
—	27	9 h. 9 à 9 h. 43	478	
Avril	E. C. 3	9 h. 12 à 9 h. 50	445	Moyenne : 0,22471.
—	10	9 h. 10 à 9 h. 37	492	
—	17	9 h. 8 à 9 h. 32	475	
—	24	9 h. 6 à 9 h. 34	473	
Mai	2	9 h. 5 à 9 h. 31	449	Moyenne : 0,22455.
—	9	9 h. 16 à 9 h. 37	455	
—	15	9 h. 12 à 9 h. 36	450	
—	22	9 h. 9 à 9 h. 35	439	
—	29	9 h. 11 à 9 h. 40	480	
Juin	5	9 h. 16 à 9 h. 40	483	Moyenne : 0,22484.
—	19	9 h. 22 à 9 h. 50	483	
—	26	9 h. 11 à 9 h. 38	487	
Juillet	3	9 h. 17 à 9 h. 47	490	Moyenne : 0,22479.
—	10	9 h. 10 à 9 h. 40	469	
—	17	9 h. 10 à 9 h. 40	477	
Août	1	9 h. 12 à 9 h. 42	476	Moyenne : 0,22474.
—	9	8 h. 59 à 9 h. 22	477	
—	14	9 h. 03 à 9 h. 27	467	
—	21	9 h. 0 à 9 h. 23	483	
—	28	9 h. 0 à 9 h. 24	466	
Septembre	3	9 h. 9 à 9 h. 35	478	Moyenne : 0,22476.
—	11	9 h. 10 à 9 h. 41	458	
—	18	9 h. 8 à 9 h. 34	485	
—	25	9 h. 2 à 9 h. 27	478	
—	30	9 h. 9 à 9 h. 34	485	
Octobre	17	9 h. 8 à 9 h. 34	500	Moyenne : 0,22505.
—	23	9 h. 13 à 9 h. 39	498	
—	30	9 h. 13 à 9 h. 42	516	
Novembre	6	9 h. 14 à 9 h. 41	503	Moyenne : 0,22485.
—	14	9 h. 14 à 9 h. 41	483	
—	20	9 h. 9 à 9 h. 37	487	
—	27	9 h. 14 à 9 h. 39	467	
Décembre	11	9 h. 14 à 9 h. 41	505	Moyenne : 0,22511.
—	18	9 h. 18 à 9 h. 45	502	
—	24	9 h. 10 à 9 h. 30	526	
	1915			
Janvier	2	9 h. 7 à 9 h. 30	0,22468	Moyenne : 0,22463.
—	8	8 h. 53 à 9 h. 26	430	
—	15	8 h. 45 à 9 h. 20	443	
—	16	9 h. 16 à 9 h. 42	470	
—	22	9 h. 3 à 9 h. 36	449	
—	29	9 h. 11 à 9 h. 38	510	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

DATES		HEURES		
Février	5	9 h. 10 à 9 h. 41	0,22474	Moyenne : 0,22465
—	12	9 h. 14 à 9 h. 31	453	
—	21	9 h. 5 à 9 h. 30	453	
—	26	9 h. 10 à 9 h. 30	481	
Mars	5	9 h. 17 à 9 h. 42	447	Moyenne : 0,22452.
—	12	9 h. 8 à 9 h. 38	456	
—	19	9 h. 7 à 9 h. 37	453	
—	26	9 h. 15 à 9 h. 41	451	
Avril	2	9 h. 8 à 9 h. 37	450	Moyenne : 0,22425.
—	E. C. 8	8 h. 52 à 9 h. 26	269	
—	E. C. 10	8 h. 44 à 9 h. 17	383	
—	E. C. 16	8 h. 47 à 9 h. 20	424	
—	E. C. 23	8 h. 43 à 9 h. 14	430	
—	E. C. 30	8 h. 44 à 9 h. 18	397	
Mai	7	9 h. 19 à 9 h. 45	444	Moyenne : 0,22417.
—	14	9 h. 10 à 9 h. 36	414	
—	21	9 h. 11 à 9 h. 37	411	
—	27	9 h. 8 à 9 h. 35	402	
Juin	5	9 h. 3 à 9 h. 33	405	Moyenne : 0,22428.
—	11	9 h. 7 à 9 h. 27	447	
—	17	9 h. 6 à 9 h. 32	389	
—	25	9 h. 11 à 9 h. 43	471	
Juillet	2	9 h. 5 à 9 h. 31	446	Moyenne : 0,22423.
—	9	9 h. 14 à 9 h. 40	449	
—	E. C. 10	8 h. 44 à 9 h. 17	383	
—	16	8 h. 46 à 9 h. 19	398	
—	E. C. 23	9 h. 30 à 9 h. 59	435	
—	E. C. 30	8 h. 40 à 9 h. 14	430	
Août	6	8 h. 37 à 9 h. 9	420	Moyenne : 0,22427.
—	13	9 h. 12 à 9 h. 42	453	
—	27	8 h. 45 à 9 h. 18	408	
Septembre	3	8 h. 41 à 9 h. 14	384	Moyenne : 0,22306.
—	10	8 h. 44 à 9 h. 16	419	
—	17	8 h. 42 à 9 h. 12	409	
—	24	8 h. 47 à 9 h. 19	372	
Octobre	1	8 h. 42 à 9 h. 12	396	Moyenne : 0,22403.
—	8	8 h. 36 à 9 h. 8	422	
—	15	8 h. 38 à 9 h. 14	383	
—	22	8 h. 41 à 9 h. 12	396	
—	29	8 h. 39 à 9 h. 11	417	
Novembre	5	8 h. 36 à 9 h. 7	399	Moyenne : 0,22330.
—	12	8 h. 33 à 9 h. 3	359	
—	19	8 h. 32 à 9 h. 13	225	
—	26	8 h. 36 à 9 h. 8	339	
Décembre	3	8 h. 36 à 9 h. 8	347	Moyenne : 0,22367
—	10	8 h. 39 à 9 h. 10	366	
—	18	8 h. 33 à 9 h. 3	333	
—	24	8 h. 36 à 9 h. 8	385	
—	31	8 h. 32 à 9 h. 4	402	
		1916		
Janvier	7	8 h. 31 à 9 h. 5	0,22388	Moyenne : 0,22380.
—	14	8 h. 35 à 9 h. 7	372	
—	21	8 h. 30 à 9 h. 0	374	
—	28	8 h. 31 à 9 h. 6	387	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

	DATES	HEURES		
Février	4.	8 h. 42 à 9 h. 15	0,22400	Moyenne : 0,22336.
—	11.	8 h. 32 à 9 h. 4	387	
—	18.	8 h. 36 à 9 h. 8	336	
—	25.	8 h. 36 à 9 h. 9	343	
Mars	3.	8 h. 45 à 9 h. 14	369	Moyenne : 0,22357.
—	10.	8 h. 35 à 9 h. 11	343	
—	17.	8 h. 35 à 9 h. 7	375	
—	24.	8 h. 33 à 9 h. 6	375	
—	31.	8 h. 35 à 9 h. 8	402	
Avril	7.	8 h. 32 à 9 h. 1	411	Moyenne : 0,22400.
—	14.	8 h. 35 à 9 h. 8	456	
—	24.	8 h. 23 à 8 h. 57	365	
—	28.	8 h. 28 à 9 h. 5	371	
Mai	5.	9 h. 51 à 10 h. 20	369	Moyenne : 0,22357.
—	12.	8 h. 28 à 9 h. 1	354	
—	19.	8 h. 11 à 8 h. 45	344	
—	26.	8 h. 31 à 9 h. 6	362	
Juin	2.	15 h. 1 à 15 h. 40	329	Moyenne : 0,22360.
—	9.	8 h. 32 à 9 h. 2	356	
—	16.	8 h. 26 à 9 h.	375	
—	23.	8 h. 28 à 9 h. 3	347	
—	30.	8 h. 35 à 9 h. 6	393	
Juillet	7.	8 h. 34 à 9 h. 4	373	Moyenne : 0,22350.
—	14.	8 h. 28 à 8 h. 58	107	
—	21.	8 h. 21 à 8 b 54	336	
—	28.	8 h. 31 à 9 h. 1	343	
Août	1.	8 h. 33 à 9 h. 8	382	Moyenne : 0,22365.
—	11.	8 h. 30 à 9 h. 7	347	
—	18.	8 h. 26 à 9 h. 4	378	
—	25.	8 h. 28 à 9 h. 3	360	
Septembre	1.	8 h. 29 à 9 h. 2	329	Moyenne : 0,22348.
—	8.	8 h. 19 à 8 h. 54	359	
—	15.	8 h. 30 à 9 h. 4	526	
—	22.	8 h. 28 à 8 h. 59	372	
—	29.	8 h. 31 à 9 h. 3	333	
Octobre	4.	8 h. 27 à 8 h. 57	382	Moyenne : 0,22379.
—	13.	8 h. 30 à 8 h. 58	361	
—	20.	8 h. 32 à 9 h. 2	430	
—	26.	8 h. 28 à 8 h. 58	344	
Novembre	3.	8 h. 23 à 9 h. 55	415	Moyenne : 0,22359.
—	10.	8 h. 33 à 9 h. 3	311	
—	17.	8 h. 25 a 8 h. 58	318	
—	24.	8 h. 34 à 9 h. 11	392	
Décembre	1.	8 h. 36 à 9 h. 5	328	Moyenne : 0,22381.
—	8.	8 h. 26 à 8 h. 56	363	
—	15.	8 h. 33 à 9 h. 43	046	
—	22.	8 h. 26 à 8 h. 56	476	
—	29.	8 h. 28 à 9 h. 5	278	
		1917		
Janvier	5.	8 h. 31 à 9 h. 1	0,22304	Moyenne : 0,22306.
—	12.	8 h. 27 à 8 h. 59	313	
—	19.	8 h. 30 à 8 h. 58	331	
—	26.	8 h. 27 à 9 h. 5	278	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

	DATES	HEURES		
Février	2.	8 h. 35 à 9 h. 5	0,22387	Moyenne : 0,22295
—	9.	8 h. 27 à 8 h. 55	266	
—	16.	8 h. 27 à 8 h. 57	270	
—	23.	8 h. 49 à 9 h. 15	259	
Mars	2.	8 h. 29 à 9 h. 2	281	Moyenne : 0,22283.
—	9.	8 h. 24 à 8 h. 55	246	
—	16.	8 h. 30 à 9 h. 0	321	
—	23.	8 h. 24 à 8 h. 53	329	
—	30.	8 h. 35 à 9 h. 3	237	
Avril	3.	9 h. 49 à 10 h. 11	293	Moyenne : 0,22311.
—	13.	12 h. 30 à 12 h. 50	336	
—	20.	8 h. 34 à 9 h. 5	299	
—	27.	8 h. 27 à 8 h. 57	316	
Mai	4.	8 h. 29 à 9 h. 0	272	Moyenne : 0,22321.
—	11.	8 h. 28 à 9 h. 0	403	
—	18.	8 h. 31 à 9 h. 0	340	
—	25.	8 h. 29 à 9 h. 0	271	
Juin	1.	8 h. 26 à 8 h. 56	282	Moyenne : 0,22306.
—	8.	8 h. 24 à 9 h. 0	315	
—	15.	8 h. 26 à 8 h. 57	292	
—	22.	8 h. 34 à 9 h. 6	345	
—	29.	8 h. 31 à 9 h. 1	297	
Juillet	6.	8 h. 26 à 8 h. 57	300	Moyenne : 0,22299
—	13.	8 h. 26 à 9 h. 0	306	
—	20.	8 h. 30 à 9 h. 4	286	
—	27.	8 h. 33 à 9 h. 5	304	
Août	3.	8 h. 28 à 8 h. 58	344	Moyenne : 0,22327.
—	10.	8 h. 17 à 8 h. 46	185	
—	17.	8 h. 26 à 8 h. 52	302	
—	24.	8 h. 26 à 8 h. 55	299	
—	31.	8 h. 26 à 8 h. 56	364	
Septembre	7	8 h. 24 à 8 h. 54	311	Moyenne : 0,22330.
—	14	8 h. 27 à 8 h. 56	335	
—	21	8 h. 31 à 8 h. 58	341	
—	28	8 h. 24 à 8 h. 55	336	
Octobre	5	8 h. 28 à 8 h. 58	326	Moyenne : 0,22308.
—	12	8 h. 16 à 8 h. 45	315	
—	19	8 h. 27 à 8 h. 56	313	
—	26	8 h. 27 à 8 h. 57	279	
Novembre	2	8 h. 29 à 8 h. 57	307	Moyenne : 0,22302.
—	9	8 h. 31 à 8 h. 59	367	
—	15	8 h. 34 à 8 h. 53	272	
—	23	8 h. 34 à 9 h. 4	287	
—	30	8 h. 22 à 8 h. 50	281	
Décembre	7	8 h. 26 à 9 h. 0	282	Moyenne : 0,22286.
—	14	8 h. 21 à 8 h. 51	319	
—	28	8 h. 17 à 8 h. 47	304	
		1918		
Janvier	4	8 h. 18 à 8 h. 47	0,22307	Moyenne : 0,22307.
—	11	8 h. 14 à 8 h. 45	294	
—	18	8 h. 20 à 8 h. 49	372	
—	25	8 h. 15 à 8 h. 44	255	
Février	1	8 h. 20 à 8 h. 49	244	Moyenne : 0,22271.
—	8	8 h. 12 à 8 h. 52	292	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

	DATES	HEURES		
Février	15	8 h. 14 à 8 h. 45	0,22263	Moyenne : 0,22271.
—	22	8 h. 9 à 8 h. 41	285	
Mars	1	8 h. 17 à 8 h. 51	264	Moyenne : 0,22224.
—	8	6 h. 14 à 8 h. 50	162	
—	15	8 h. 21 à 8 h. 53	260	
—	22	8 h. 28 à 8 h. 58	226	
—	27	8 h. 19 à 8 h. 56	272	
Avril	5	8 h. 16 à 8 h. 47	292	Moyenne : 0,22243.
—	12	8 h. 19 à 8 h. 51	216	
—	19	8 h. 17 à 8 h. 46	237	
—	26	8 h. 18 à 8 h. 48	229	
Mai	3	8 h. 15 à 8 h. 46	282	Moyenne : 0,22252.
—	10	8 h. 28 à 8 h. 58	244	
—	17	8 h. 25 à 8 h. 57	212	
—	24	8 h. 23 à 8 h. 56	249	
—	31	8 h. 20 à 8 h. 52	273	
Juin	7	8 h. 20 à 8 h. 49	256	Moyenne : 0,22242.
—	14	8 h. 15 à 8 h. 46	226	
—	21	8 h. 17 à 8 h. 52	238	
—	28	8 h. 18 à 8 h. 49	249	
Juillet	5	8 h. 26 à 8 h. 57	263	Moyenne : 0,22275.
—	12	8 h. 14 à 8 h. 45	250	
—	19	8 h. 4 à 8 h. 33	244	
—	25	8 h. 5 à 8 h. 38	343	
Août	2	8 h. 11 à 8 h. 42	341	Moyenne : 0,22292.
—	9	8 h. 15 à 8 h. 42	358	
—	16	8 h. 32 à 8 h. 59	243	
—	23	8 h. 13 à 8 h. 43	255	
—	30	8 h. 19 à 8 h. 50	264	
Septembre	6	8 h. 20 à 8 h. 54	261	Moyenne : 0,22253.
—	13	8 h. 18 à 8 h. 50	283	
—	20	8 h. 26 à 8 h. 56	224	
—	27	8 h. 15 à 8 h. 45	247	
Octobre	4	8 h. 19 à 8 h. 53	254	Moyenne : 0,22278.
—	11	8 h. 16 à 8 h. 51	268	
—	18	8 h. 14 à 8 h. 45	264	
—	25	8 h. 11 à 8 h. 42	319	
—	31	8 h. 17 à 8 h. 50	285	
Novembre	8	8 h. 16 à 8 h. 49	302	Moyenne : 0,22269.
—	14	8 h. 11 à 8 h. 45	235	
—	21	8 h. 14 à 8 h. 46	283	
—	28	8 h. 10 à 8 h. 45	258	
Décembre	6	8 h. 12 à 8 h. 43	216	Moyenne : 0,22225.
—	13	8 h. 7 à 8 h. 39	244	
—	20	6 h. 38 à 7 h. 10	215	
		1919		
Janvier	3	8 h. 32 à 9 h. 2	0,22245	Moyenne : 0,22238
—	10	8 h. 13 à 8 h. 46	245	
—	17	8 h. 9 à 8 h. 46	215	
—	24	8 h. 9 à 8 h. 40	220	
—	31	8 h. 11 à 8 h. 43	269	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

DATES		HEURES		
Février	7	8 h. 9 à 8 h. 40	0,22262	
—	14	8 h. 30 à 8 h. 58	215	Moyenne : 0,22229
—	21	8 h. 11 à 8 h. 44	250	
—	28	8 h. 14 à 8 h. 46	191	
Mars / Avril	malade.			
Mai	23	8 h. 28 à 8 h. 58	0,22158	Moyenne : 0,22192.
—	30	8 h. 17 à 8 h. 47	226	
Juin	6	8 h. 41 à 9 h. 11	193	
—	13	8 h. 26 à 8 h. 58	153	Moyenne : 0,22189.
—	20	8 h. 12 à 8 h. 44	211	
—	27	8 h. 19 à 8 h. 54	189	
Juillet	4	8 h. 15 à 8 h. 47	195	
—	11	8 h. 25 à 8 h. 59	261	Moyenne : 0,22200.
—	18	8 h. 15 à 8 h. 45	164	
—	25	8 h. 12 à 8 h. 44	183	
Août	1	8 h. 21 à 8 h. 56	180	
—	8	8 h. 11 à 8 h. 42	170	
—	14	8 h. 13 à 8 h. 45	131	Moyenne : 0,22147.
—	19	12 h. 31 à 13 h. 0	0,21588	
—	29	8 h. 42 à 9 h. 17	0,22159	
Septembre	5	8 h. 16 à 8 h. 54	213	
—	12	8 h. 17 à 8 h. 51	219	Moyenne : 0,22218.
—	19	8 h. 11 à 8 h. 45	236	
—	26	8 h. 19 à 8 h. 55	207	
Octobre	3	8 h. 16 à 8 h. 47	184	
—	10	8 h. 13 à 8 h. 46	254	
—	17	8 h. 18 à 8 h. 49	216	Moyenne : 0,22224.
—	23	8 h. 19 à 8 h. 49	252	
—	30	8 h. 11 à 8 h. 44	215	
Novembre	7	8 h. 13 à 8 h. 45	248	
—	14	8 h. 14 à 8 h. 46	247	Moyenne : 0,22242.
—	21	8 h. 11 à 8 h. 44	228	
—	28	8 h. 7 à 8 h. 47	245	
Décembre	5	8 h. 16 à 8 h. 50	223	
—	12	8 h. 12 à 8 h. 42	214	Moyenne : 0,22207.
—	16	12 h. 9 à 12 h. 39	163	
—	23	12 h. 15 à 12 h. 58	229	
		1920		
Janvier	2	8 h. 11 à 8 h. 49	0,22136	
—	8	8 h. 13 à 8 h. 49	217	
—	16	8 h. 10 à 8 h. 48	187	Moyenne : 0,22191.
—	23	8 h. 13 à 8 h. 44	181	
—	30	8 h. 13 à 8 h. 47	234	
Février	6	8 h. 14 à 8 h. 48	177	
—	13	8 h. 12 à 8 h. 44	230	Moyenne : 0,22195.
—	20	8 h. 12 à 8 h. 46	200	
—	27	8 h. 12 à 8 h. 51	175	
Mars	5	8 h. 14 à 8 h. 46	112	
—	12	8 h. 14 à 8 h. 49	180	
—	19	8 h. 10 à 8 h. 45	188	Moyenne : 0,22162.
—	26	8 h. 9 à 8 h. 40	162	
—	30	12 h. 2 à 12 h. 36	168	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

DATES		HEURES		
Avril	9	8 h. 23 à 8 h. 52	0,22187	Moyenne : 0,22176.
—	16	8 h. 17 à 8 h. 49	145	
—	23	8 h. 13 à 8 h. 48	194	
—	30	8 h. 17 à 8 h. 47	180	
Mai	7	8 h. 12 à 8 h. 42	164	Moyenne : 0,22182.
—	14	8 h. 17 à 8 h. 49	128	
—	21	12 h. 10 à 12 h. 42	183	
—	28	8 h. 17 à 8 h. 49	220	
Juin	4	8 h. 18 à 8 h. 49	212	Moyenne : 0,22208.
—	10	8 h. 16 à 8 h. 48	205	
—	18	8 h. 10 à 8 h. 51	258	
—	25	8 h. 11 à 8 h. 46	158	
Juillet	2	8 h. 12 à 8 h. 44	162	Moyenne : 0,22244.
—	9	8 h. 12 à 8 h. 41	197	
—	16	8 h. 11 à 8 h. 45	166	
—	24	14 h. 0 à 14 h. 29	246	
—	30	8 h. 13 à 8 h. 45	453	
Août	6	8 h. 10 à 8 h. 45	175	Moyenne : 0,22173.
—	13	8 h. 13 à 8 h. 45	172	
Septembre	10	8 h. 13 à 8 h. 46	176	Moyenne : 0,22184.
—	17	8 h. 14 à 8 h. 49	185	
—	24	8 h. 8 à 8 h. 40	171	
Octobre	1	8 h. 10 à 8 h. 40	184	Moyenne : 0,22245.
—	8	8 h. 11 à 8 h. 44	201	
—	15	8 h. 10 à 8 h. 41	350	
—	22	8 h. 7 à 8 h. 39	296	
—	29	12 h. 19 à 12 h. 49	198	
Novembre	5	8 h. 14 à 8 h. 47	080	Moyenne : 0,22117.
—	12	8 h. 16 à 9 h. 3	120	
—	13	8 h. 45 à 9 h. 40	107	
—	26	8 h. 17 à 8 h. 51	164	
Décembre	3	8 h. 12 à 8 h. 45	145	Moyenne : 0,22122.
—	10	8 h. 9 à 8 h. 42	127	
—	17	8 h. 11 à 8 h. 48	117	
—	23	8 h. 14 à 8 h. 45	099	
		1921		
Janvier	7	8 h. 13 à 8 h. 46	0,22112	Moyenne : 0,22105.
—	14	8 h. 15 à 8 h. 47	112	
—	21	8 h. 8 à 8 h. 40	075	
—	28	8 h. 11 à 8 h. 42	124	
Février	4	8 h. 28 à 8 h. 59	070	Moyenne : 0,22074.
—	12	8 h. 10 à 8 h. 41	098	
—	17	8 h. 13 à 8 h. 47	080	
—	25	8 h. 10 à 8 h. 42	048	
Mars	4	8 h. 11 à 8 h. 41	120	Moyenne : 0,22087.
—	11	8 h. 10 à 8 h. 44	070	
—	18	8 h. 14 à 8 h. 47	080	
—	23	8 h. 4 à 8 h. 34	077	
Avril	1	8 h. 16 à 8 h. 45	084	Moyenne : 0,22078
—	8	8 h. 8 à 8 h. 41	118	
—	15	8 h. 12 à 8 h. 43	067	
—	22	8 h. 16 à 8 h. 46	042	
—	29	8 h. 12 à 8 h. 42	081	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

DATES		HEURES		
Mai	6	8 h. 8 à 8 h. 39	0,22107	Moyenne : 0,22050.
—	13	8 h. 11 à 8 h. 41	048	
—	20	8 h. 8 à 8 h. 36	0,21985	
—	27	8 h. 20 à 8 h. 50	0,22063	
Juin	2	8 h. 8 à 8 h. 37	123	Moyenne : 0,22086.
—	10	8 h. 13 à 8 h. 43	023	
—	16	8 h. 15 à 8 h. 48	090	
—	24	8 h. 14 à 8 h. 45	108	
Juillet	1	8 h. 16 à 8 h. 45	091	Moyenne : 0,22068.
—	8	8 h. 15 à 8 h. 44	026	
—	15	8 h. 14 à 8 h. 45	056	
—	22	8 h. 13 à 8 h. 45	078	
—	29	8 h. 12 à 8 h. 43	090	
Août	5	8 h. 12 à 8 h. 46	068	Moyenne : 0,22105.
—	12	8 h. 15 à 8 h. 43	109	
—	19	8 h. 11 à 8 h. 41	104	
—	26	8 h. 9 à 8 h. 39	141	
Septembre	2	8 h. 11 à 8 h. 43	129	Moyenne : 0,22122.
—	9	8 h. 14 à 8 h. 45	116	
Octobre	7	8 h. 19 à 8 h. 49	121	Moyenne : 0,22108.
—	14	8 h. 8 à 8 h. 39	136	
—	21	8 h. 10 à 8 h. 50	094	
—	28	8 h. 10 à 8 h. 43	083	
Novembre	4	8 h. 8 à 8 h. 43	133	Moyenne : 0,22093.
—	11	8 h. 13 à 8 h. 46	113	
—	18	8 h. 11 à 8 h. 49	039	
—	24	8 h. 12 à 8 h. 43	089	
Décembre	2	8 h. 11 à 8 h. 41	073	Moyenne : 0,22107.
—	16	8 h. 12 à 8 h. 47	136	
—	22	8 h. 11 à 8 h. 46	123	
—	28	8 h. 18 à 8 h. 49	097	
		1922		
Janvier	6	8 h. 9 à 8 h. 41	0,22137	Moyenne : 0,22052.
—	13	8 h. 17 à 8 h. 49	045	
—	20	8 h. 13 à 8 h. 42	089	
—	27	8 h. 8 à 8 h. 41	038	
Février	3	8 h. 12 à 8 h. 45	097	Moyenne : 0,22087.
—	10	12 h. 25 à 12 h. 58	fil brisé	
—	17	8 h. 15 à 8 h. 47	095	
—	18	7 h. 33 à 8 h. 11	090	
—	24	8 h. 10 à 8 h. 47	067	
Mars	3	8 h. 15 à 9 h. 9	0,22039	Moyenne : 0,22093.
—	10	8 h. 20 à 8 h. 56	109	
—	17	8 h. 14 à 8 h. 52	096	
—	24	8 h. 15 à 8 h. 49	100	
—	31	9 h. 15 à 9 h. 49	124	
Avril	7	8 h. 9 à 8 h. 44	111	Moyenne : 0,22073.
—	21	8 h. 11 à 8 h. 43	071	
—	28	8 h. 13 à 8 h. 46	038	
Mai	5	8 h. 12 à 8 h. 44	078	Moyenne : 0,22049.
—	12	8 h. 14 à 8 h. 47	001	
—	19	8 h. 13 à 8 h. 50	085	
—	24	8 h. 9 à 8 h. 48	033	

Mesures absolues. — Composante horizontale (*suite*).

DATES		HEURES			
Juin	2	8 h. 12 à 8 h. 40	0,22116	Moyenne : 0,22088.	
—	9	8 h. 8 à 8 h. 46	080		
—	16	8 h. 14 à 8 h. 57	093		
—	23	8 h. 10 à 8 h. 42	094		
—	30	8 h. 13 à 8 h. 49	060		
Juillet	7	8 h. 13 à 8 h. 48	045	Moyenne : 0,22070.	
—	13	8 h. 10 à 8 h. 46	058		
—	28	8 h. 11 à 8 h. 46	108		
Août	19	8 h. 15 à 8 h. 50	020	Moyenne : 0,22051.	
—	25	8 h. 12 à 8 h. 47	042		
—	29	8 h. 10 à 8 h. 43	093		
Septembre	1	8 h. 8 à 8 h. 38	012	0,22021	Moyenne générale : 0,22035
—	8	8 h. 10 à 8 h. 42	043		
—	15	8 h. 10 à 8 h. 38	010		
Veille éclipse	19	6 h. 20 à 7 h. 10	006	0,22052	
—	19	8 h. 8 à 8 h. 57	052		
—	19	10 h. 8 à 10 h. 57	062		
Jour éclipse	20	6 h. 13 à 7 h. 2	041	0,22037	
—	20	8 h. 5 à 8 h. 52	039		
—	20	10 h. 7 à 10 h. 56	033		
Lendemain	21	6 h. 20 à 7 h. 11	057	0,22040	
—	21	8 h. 6 à 8 h. 46	033		
—	21	10 h. 5 à 10 h. 48	032		
Sepetmbre	22	8 h. 17 à 8 h. 48	047	0,22037	
—	29	8 h. 13 à 8 h. 49	025		
Octobre	6	8 h. 11 à 8 h. 44	0,21995	Moyenne : 0,22035.	
—	13	8 h. 13 à 8 h. 45	0,22067		
—	20	8 h. 12 à 8 h. 47	063		
—	27	9 h. 47 à 10 h. 18	015		
Novembre	3	8 h. 13 à 8 h. 48	042	Moyenne : 0,22028.	
—	9	8 h. 12 à 8 h. 46	018		
—	17	8 h. 16 à 8 h. 48	025		
—	24	8 h. 13 à 8 h. 46	027		
Décembre	1	8 h. 12 à 8 h. 41	026	Moyenne : 0,22052.	
—	8	8 h. 9 à 8 h. 42	053		
—	15	8 h. 35 à 9 h. 6	072		
—	22	8 h. 14 à 8 h. 47	072		
—	29	9 h. 11 à 8 h. 43	038		

Mesures absolues. — Inclinaison.

DATES		HEURES	INCLINAISON	
1902				
Mai	3	6 h. 55 à 7 h. 30	54° 13′ 15″	Moyenne : 54° 12′ 38″.
—	10	7 h. 5 à 7 h. 40	54° 16′ 20″	
—	16	7 h. 20 à 7 h. 50	54° 10′ 30″	
—	28	7 h. 10 à 7 h. 45	54° 10′ 25″	
Juin	7	7 h. 10 à 7 h. 40	54° 3′ 58″	Moyenne : 54° 11′ 36″.
—	14	7 h. 5 à 7 h. 40	54° 16′ 3″	
—	20	16 h. 10 à 16 h. 40	54° 18′ 32″	
—	26	16 h. 10 à 16 h. 40	54° 7′ 53″	
Juillet	4	16 h. 20 à 17 h. 0	54° 12′ 22″	Moyenne : 54° 4′ 52″.
—	12	16 h. 16 à 16 h. 50	54° 5′ 46″	
—	17	16 h. 17 à 17 h. 0	54° 4′ 6″	
—	24	16 h. 20 à 16 h. 56	53° 57′ 14″	
Août	1	9 h. 5 à 9 h. 42	53° 55′ 38″	Moyenne : 54° 2′ 54″.
—	7	11 h. 25 à 11 h. 50	54° 1′ 0″	
—	13	16 h. 10 à 16 h. 45	54° 8′ 44″	
—	23	11 h. 25 à 11 h. 50	54° 4′ 55″	
—	30	16 h. 10 à 16 h. 45	54° 4′ 22″	
Septembre	4	11 h. 30 à 12 h. 0	54° 4′ 1″	Moyenne : 54° 4′ 56″.
—	12	16 h. 30 à 17 h. 5	54° 3′ 37″	
—	18	16 h. 30 à 17 h. 5	54° 7′ 54″	
—	30	13 h. 10 à 13 h. 45	54° 4′ 15″	
Octobre	10	13 h. 0 à 13 h. 30	54° 6′ 3″	Moyenne : 54° 6′ 56″.
—	17	16 h. 25 à 17 h. 0	54° 12′ 25″	
—	24	16 h. 25 à 16 h. 55	54° 5′ 20″	
—	30	12 h. 30 à 12 h. 55	54° 4′ 53″	
Novembre	6	11 h. 35 à 12 h. 8	54° 4′ 26″	Moyenne : 54° 7′ 21″.
—	16	11 h. 48 à 12 h. 20	54° 8′ 15″	
—	21	11 h. 50 à 12 h. 20	54° 11′ 31″	
—	28	16 h. 0 à 16 h. 30	54° 3′ 37″	
Décembre	4	11 h. 15 à 11 h. 40	54° 10′ 43″	Moyenne : 54° 8′ 15″.
—	11	9 h. 46 à 10 h. 10	54° 6′ 30″	
—	18	16 h. 10 à 16 h. 45	54° 10′ 26″	
—	26	11 h. 50 à 12 h. 20	54° 8′ 18″	
—	31	12 h. 10 à 12 h. 40	54° 5′ 13″	
1903				
Janvier	9	11 h. 50 à 12 h. 20	54° 12′ 3″	Moyenne : 54° 8′ 16″.
—	17	8 h. 30 à 9 h. 0	54° 5′ 22″	
—	24	12 h. 15 à 12 h. 45	54° 11′ 48″	
—	30	12 h. 30 à 12 h. 40	54° 3′ 53″	
Février	6	13 h. 25 à 13 h. 55	54° 6′ 08″	Moyenne : 54° 6′ 51″.
—	12	11 h. 20 à 11 h. 50	54° 11′ 39″	
—	21	12 h. 45 à 13 h. 15	54° 4′ 26″	
—	25	11 h. 25 à 11 h. 55	54° 6′ 15″	
—	28	13 h. 45 à 14 h. 10	54° 5′ 46″	
Mars	14	11 h. 20 à 12 h. 5	54° 4′ 35″	Moyenne : 54° 7′ 50″.
—	20	11 h. 45 à 12 h. 15	54° 4′ 9″	
—	27	11 h. 45 à 12 h. 25	54° 7′ 0″	
—	31	14 h. 45 à 15 h. 25	54° 7′ 37″	
Avril	7	12 h. 15 à 12 h. 50	54° 15′ 18″	Moyenne : 54° 10′ 53″.
—	16	15 h. 25 à 16 h. 0	54° 8′ 32″	
—	24	11 h. 65 à 12 h. 20	54° 10′ 52″	
—	29	8 h. 25 à 8 h. 55	54° 8′ 51″	

Mesures absolues — Inclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	INCLINAISON	
Mai	9	13 h. 50 à 14 h. 15	54° 5′ 31″	Moyenne : 54° 6′ 48″.
—	16	11 h. 10 à 11 h. 48	54° 12′ 15″	
—	23	11 h. 20 à 11 h. 55	54° 4′ 57″	
—	30	11 h. 45 à 12 h. 10	54° 4′ 32″	
Juin	6	11 h. 30 à 12 h. 0	53° 59′ 32″	Moyenne : 54° 4′ 2″.
—	13	11 h. 45 à 12 h. 13	54° 8′ 22″	
—	20	11 h. 45 à 12 h. 20	54° 3′ 6″	
—	27	11 h. 40 à 12 h. 15	54° 5′ 8″	
Juillet	4	11 h. 50 à 12 h. 20	54° 7′ 23″	Moyenne : 54° 3′ 30″.
—	11	13 h. 20 à 14 h. 7	54° 2′ 3″	
—	17	11 h. 45 à 12 h. 25	54° 6′ 21″	
—	25	11 h. 25 à 12 h. 5	54° 3′ 34″	
—	30	11 h. 25 à 12 h. 0	53° 58′ 13″	
Août	5	11 h. 42 à 12 h. 20	54° 3′ 1″	Moyenne : 54° 0′ 20″.
—	14	11 h. 32 à 12 h. 3	53° 54′ 14″	
—	19	11 h. 15 à 12 h. 0	53° 56′ 31″	
—	26	11 h. 25 à 12 h. 5	54° 7′ 35″	
Septembre	4	11 h. 55 à 12 h. 32	54° 11′ 6″	Moyenne : 54° 7′ 40″.
—	11	11 h. 55 à 12 h. 35	54° 1′ 22″	
—	14	11 h. 40 à 12 h. 18	54° 13′ 47″	
—	26	13 h. 35 à 14 h. 15	54° 4′ 26″	
Octobre	3	15 h. 40 à 16 h. 30	54° 5′ 30″	Moyenne : 54° 11′ 38″.
—	10	13 h. 0 à 13 h. 35	54° 9′ 6″	
—	17	12 h. 0 à 12 h. 30	54° 10′ 38″	
—	24	15 h. 30 à 16 h. 0	54° 21′ 1″	
—	31	17 h. 6 à 17 h. 30	54° 44′ 26″	
Novembre	7	9 h. 20 à 10 h. 0	54° 10′ 16″	Moyenne : 54° 7′ 55″.
—	14	11 h. 40 à 12 h. 10	54° 11′ 6″	
—	20	11 h. 30 à 12 h. 0	54° 10′ 46″	
—	27	11 h. 40 à 12 h. 10	53° 59′ 35″	
Décembre	4	11 h. 45 à 12 h. 15	54° 2′ 29″	Moyenne : 54° 5′ 31″.
—	9	6 h. 30 à 7 h. 5	54° 7′ 26″	
—	19	8 h. 5 à 8 h. 30	54° 6′ 36″	
—	30	11 h. 15 à 11 h. 40	54° 5′ 33″	
		1904		
Janvier	9	11 h. 35 à 12 h. 10	54° 4′ 52″	Moyenne : 54° 7′ 2″.
—	16	11 h. 14 à 11 h. 50	54° 6′ 33″	
—	23	11 h. 52 à 12 h. 25	54° 5′ 16″	
—	30	11 h. 45 à 12 h. 12	54° 11′ 41″	
Février	6	8 h. 30 à 9 h. 0	54° 10′ 3″	Moyenne : 54° 8′ 47″.
—	13	11 h. 25 à 11 h. 55	54° 7′ 22″	
—	20	11 h. 30 à 12 h. 0	54° 9′ 58″	
—	27	11 h. 30 à 12 h. 5	54° 7′ 45″	
Mars	5	11 h. 35 à 12 h. 0	54° 12′ 46″	Moyenne : 54° 7′ 36″.
—	12	11 h. 25 à 11 h. 55	54° 15′ 33″	
—	19	11 h. 35 à 12 h. 5	54° 11′ 47″	
—	26	11 h. 15 à 11 h. 45	53° 58′ 33″	
—	30	11 h. 30 à 12 h. 0	53° 59′ 21″	
Avril	9	11 h. 30 à 12 h. 5	54° 10′ 31″	Moyenne : 54° 6′ 26″.
—	16	11 h. 33 à 12 h. 3	54° 3′ 42″	
—	23	11 h. 30 à 12 h. 0	54° 6′ 7″	
—	30	8 h. 15 à 8 h. 45	54° 5′ 26″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

	DATES	HEURES	INCLINAISON	
Mai	7	11 h. 25 à 11 h. 53	54° 2′ 18″	Moyenne : 54° 5′ 22″.
—	14	11 h. 20 à 11 h. 47	54° 0′ 41″	
—	21	11 h. 30 à 12 h. 0	54° 4′ 56″	
—	28	11 h. 20 à 11 h. 55	54° 13′ 36″	
Juin	4	11 h. 36 à 12 h. 35	54° 10′ 54″	Moyenne : 54° 6′ 15″.
—	11	11 h. 25 à 12 h. 0	54° 3′ 30″	
—	18	11 h. 23 à 11 h. 56	54° 5′ 42″	
—	25	11 h. 40 à 12 h. 15	54° 4′ 54″	
Juillet	2	11 h. 25 à 11 h. 55	54° 7′ 40″	Moyenne : 54° 4′ 21″.
—	9	11 h. 35 à 12 h. 10	54° 6′ 12″	
—	16	11 h. 20 à 11 h. 55	54° 3′ 7″	
—	22	11 h. 20 à 11 h. 52	54° 4′ 22″	
—	30	11 h. 47 à 12 h. 20	54° 0′ 26″	
Août	6	11 h. 45 à 12 h. 20	54° 8′ 55″	Moyenne : 54° 7′ 27″.
—	13	11 h. 35 à 12 h. 8	54° 5′ 58″	
—	20	11 h. 15 à 11 h. 45	54° 8′ 22″	
—	27	11 h. 47 à 12 h. 20	54° 6′ 36″	
Septembre	3	11 h. 35 à 12 h. 10	54° 5′ 36″	Moyenne : 54° 3′ 54″.
—	10	11 h. 36 à 12 h. 28	54° 1′ 22″	
—	17	13 h. 30 à 14 h. 0	54° 1′ 23″	
—	24	11 h. 40 à 12 h. 20	54° 7′ 15″	
Octobre	1	11 h. 50 à 12 h. 25	54° 12′ 13″	Moyenne : 54° 8′ 38″.
—	8	14 h. 30 à 15 h. 0	54° 13′ 17″	
—	15	11 h. 55 à 12 h. 25	54° 8′ 21″	
—	22	14 h. 53 à 15 h. 22	54° 0′ 43″	
Novembre	5	13 h. 14 à 13 h. 42	54° 1′ 4″	Moyenne : 54° 4′ 10″.
—	12	11 h. 33 à 12 h. 5	54° 9′ 31″	
—	18	11 h. 20 à 11 h. 55	54° 14′ 37″	
—	26	11 h. 19 à 11 h. 50	54° 2′ 52″	
—	29	12 h. 27 à 12 h. 50	54° 53′ 6″	
Décembre	9	13 h. 55 à 14 h. 25	54° 11′ 5″	Moyenne : 54° 9′ 4″.
—	17	12 h. 47 à 13 h. 15	54° 3′ 11″	
—	24	11 h. 32 à 12 h. 7	54° 8′ 17″	
—	31	11 h. 19 à 11 h. 50	54° 13′ 45″	
		1905		
Janvier	7	11 h. 20 à 11 h. 55	54° 15′ 13″	Moyenne : 54° 12′ 21″.
—	14	11 h. 45 à 12 h. 18	54° 2′ 45″	
—	21	11 h. 30 à 12 h. 0	54° 15′ 6″	
—	28	11 h. 32 à 11 h. 58	54° 16′ 22″	
Février	4	11 h. 35 à 12 h. 0	54° 7′ 7″	Moyenne : 54° 7′ 57″.
—	11	11 h. 40 à 12 h. 27	54° 7′ 28″	
—	18	11 h. 45 à 12 h. 13	54° 8′ 23″	
—	25	11 h. 40 à 12 h. 10	54° 8′ 51″	
Mars	4	11 h. 40 à 12 h. 30	54° 6′ 5″	Moyenne : 54° 6′ 5″.
—	11	11 h. 45 à 12 h. 20	54° 3′ 6″	
—	18	11 h. 48 à 12 h. 15	54° 14′ 18″	
—	25	11 h. 37 à 12 h. 7	54° 16′ 8″	
Avril	1	11 h. 40 à 12 h. 15	54° 12′ 50″	Moyenne : 54° 6′ 2″.
—	8	11 h. 45 à 12 h. 15	54° 6′ 8″	
—	15	11 h. 43 à 12 h. 10	54° 11′ 4″	
—	19	11 h. 30 à 11 h. 55	53° 54′ 26″	
—	29	11 h. 25 à 11 h. 50	54° 7′ 48″	
Mai	6	11 h. 30 à 12 h. 0	54° 19′ 2″	Moyenne : 54° 10′ 35″.
—	13	11 h. 28 à 11 h. 58	54° 8′ 13″	
—	20	11 h. 15 à 11 h. 45	54° 12′ 47″	
—	27	11 h. 18 à 11 h. 43	54° 2′ 21″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	INCLINAISON	
Juin	3	11 h. 40 à 12 h. 8	54° 6′ 22″	Moyenne 54° 9′ 42″.
—	10	11 h. 15 à 11 h. 45	54° 7′ 54″	
—	17	12 h. 5 à 12 h. 35	54° 14′ 10″	
—	24	13 h. 30 à 14 h. 0	54° 10′ 23″	
Juillet	1	12 h. 20 à 12 h. 45	54° 13′ 58″	Moyenne : 54° 3′ 48″.
—	8	11 h. 40 à 12 h. 20	53° 56′ 28″	
—	15	14 h. 15 à 14 h. 45	54° 1′ 50″	
—	21	11 h. 10 à 11 h. 40	54° 3′ 29″	
—	29	12 h. 23 à 12 h. 46	54° 3′ 16″	
Août	5	11 h. 4 à 11 h. 35	54° 2′ 27″	Moyenne : 54° 4′ 49″.
—	12	11 h. 35 à 12 h. 20	54° 3′ 52″	
—	19	11 h. 13 à 11 h. 45	53° 59′ 17″	
—	26	11 h. 4 à 11 h. 34	54° 13′ 41″	
Septembre	1	8 h. 11 à 8 h. 45	54° 5′ 54″	Moyenne : 54° 2′ 29″.
—	9	11 h. 20 à 12 h. 20	54° 16′ 52″	
—	16	12 h. 19 à 12 h. 52	54° 2′ 38″	
—	23	12 h. 21 à 12 h. 52	53° 49′ 41″	
—	30	13 h. 8 à 13 h. 40	53° 58′ 23″	
Octobre	7	15 h. 0 à 15 h. 30	54° 2′ 8″	Moyenne : 54° 4′ 19″.
—	14	13 h. 15 à 14 h. 0	54° 0′ 37″	
—	21	13 h. 6 à 13 h. 45	54° 7′ 18″	
—	28	13 h. 8 à 13 h. 45	54° 7′ 15″	
Novembre	4	8 h. 15 à 8 h. 50	53° 51′ 29″	Moyenne : 54° 5′ 1″.
—	11	13 h. 40 à 14 h. 8	54° 5′ 26″	
—	18	13 h. 23 à 13 h. 55	54° 16′ 57″	
—	25	13 h. 20 à 13 h. 55	54° 6′ 12″	
Décembre	2	12 h. 8 à 12 h. 40	54° 12′ 3″	Moyenne : 54° 13′ 26″.
—	7	15 h. 7 à 15 h. 35	54° 20′ 13″	
—	19	15 h. 5 à 15 h. 40	54° 20′ 1″	
—	23	12 h. 26 à 13 h. 3	54° 3′ 17″	
—	30	12 h. 18 à 12 h. 53	54° 11′ 37″	
		1906		
Janvier	6	13 h. 9 à 13 h. 35	54° 25′ 31″	Moyenne : 54° 13′ 35″.
—	13	12 h. 17 à 12 h. 57	54° 16′ 26″	
—	20	12 h. 25 à 12 h. 51	54° 5′ 26″	
—	27	12 h. 25 à 13 h. 0	54° 7′ 0″	
Février	3	12 h. 20 à 13 h. 47	54° 17′ 38″	Moyenne : 54° 12′ 10″.
—	10	12 h. 24 à 12 h. 55	54° 24′ 4″	
—	17	12 h. 25 à 13 h. 0	54° 4′ 43″	
—	24	12 h. 21 à 12 h. 55	54° 4′ 15″	
Mars	3	12 h. 25 à 12 h. 53	54° 13′ 36″	Moyenne : 54° 12′ 49″.
—	10	11 h. 12 à 11 h. 39	54° 7′ 30″	
—	17	11 h. 50 à 12 h. 15	54° 15′ 48″	
—	24	12 h. 12 à 12 h. 39	54° 9′ 56″	
—	31	11 h. 15 à 11 h. 40	54° 19′ 55″	
Avril	7	11 h. 15 à 11 h. 42	54° 13′ 15″	Moyenne : 54° 16′ 20″
—	11	11 h. 30 à 11 h. 58	54° 12′ 40″	
—	21	11 h. 20 à 11 h. 50	54° 18′ 50″	
—	28	12 h. 15 à 12 h. 46	54° 20′ 36″	
Mai	5	12 h. 10 à 12 h. 40	54° 22′ 7″	Moyenne : 54° 13′ 59″.
—	12	12 h. 10 à 12 h. 40	54° 11′ 37″	
—	19	12 h. 8 à 12 h. 35	54° 7′ 3″	
—	26	12 h. 10 à 12 h. 39	54° 15′ 11″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	INCLINAISON	
Juin	2	12 h. 13 à 12 h. 42	54° 6′ 35″	Moyenne : 54° 12′ 26″.
—	9	12 h. 11 à 12 h. 42	54° 24′ 36″	
—	16	12 h. 16 à 12 h. 46	54° 12′ 2″	
—	23	12 h. 16 à 12 h. 45	54° 3′ 2″	
—	30	12 h. 17 à 12 h. 50	54° 15′ 56″	
Juillet	7	11 h. 18 à 11 h. 45	54° 12′ 33″	Moyenne : 54° 8′ 30″.
—	14	10 h. 36 à 11 h. 4	54° 10′ 7″	
—	21	12 h. 20 à 12 h. 53	54° 2′ 49″	
—	28	11 h. 17 à 11 h. 45	54° 8′ 12″	
Août	4	11 h. 17 à 11 h. 45	54° 13′ 55″	Moyenne : 54° 5′ 9″.
—	11	11 h. 20 a 11 h. 50	53° 58′ 42″	
—	18	11 h. 14 à 11 h. 45	54° 10′ 41″	
—	25	12 h. 17 à 12 h. 51	53° 57′ 18″	
Septembre	1	12 h. 12 à 12 h. 40	53° 58′ 18″	Moyenne : 53° 59′ 2″.
—	8	12 h. 12 à 12 h. 45	54° 1′ 27″	
—	15	12 h. 15 à 12 h. 47	53° 59′ 51″	
—	22	12 h. 7 à 12 h. 30	53° 54′ 13″	
—	29	12 h. 6 à 12 h. 40	54° 1′ 25″	
Octobre	6	12 h. 4 à 12 h. 25	54° 7′ 46″	Moyenne : 54° 6′ 10″.
—	13	12 h. 8 à 12 h. 35	54° 6′ 1″	
—	10	12 h. 0 à 12 h. 28	54° 1′ 32″	
—	27	11 h. 57 à 12 h. 21	54° 9′ 24″	
Novembre	3	11 h. 57 à 12 h. 34	53° 57′ 53″	Moyenne : 54° 0′ 58″.
—	10	6 h. 30 à 7 h. 4	54° 8′ 30″	
—	17	12 h. 0 à 12 h. 30	53° 58′ 42″	
—	24	12 h. 1 à 12 h. 36	53° 58′ 8″	
Décembre	1	12 h. 7 à 12 h. 40	54° 4′ 1″	Moyenne : 54° 3′ 56″.
—	8	12 h. 16 à 12 h. 49	54° 7′ 41″	
—	18	11 h. 22 à 11 h. 43	53° 59′ 53″	
—	22	12 h. 15 à 12 h. 40	54° 3′ 33″	
—	29	11 h. 25 à 11 h. 50	54° 4′ 34″	
		1907		
Janvier	5	12 h. 24 à 12 h. 55	54° 4′ 50″	Moyenne : 54° 8′ 19″.
—	12	11 h. 15 à 11 h. 40	54° 12′ 46″	
—	19	11 h. 10 à 11 h. 45	54° 8′ 41″	
—	26	6 h. 36 à 7 h. 10	54° 7′ 2″	
Février	2	11 h. 13 à 11 h. 40	54° 6′ 32″	Moyenne : 54° 7′ 31″.
—	9	11 h. 53 à 12 h. 37	54° 14′ 35″	
—	16	11 h. 35 à 11 h. 58	54° 9′ 42″	
—	23	10 h. 46 à 11 h. 13	53° 59′ 16″	
Mars	2	11 h. 10 à 11 h. 35	54° 3′ 46″	Moyenne : 54° 5′ 0″.
—	9	11 h. 26 à 11 h. 56	54° 6′ 1″	
—	16	11 h. 46 à 12 h. 15	54° 12′ 21″	
—	23	11 h. 21 à 12 h. 0	53° 57′ 38″	
—	27	11 h. 17 à 11 h. 45	54° 5′ 36″	
Avril	6	11 h. 10 à 11 h. 36	54° 5′ 27″	Moyenne : 54° 4′ 40″.
—	13	11 h. 26 à 11 h. 52	53° 59′ 51″	
—	20	12 h. 13 à 12 h. 38	54° 2′ 41″	
—	27	11 h. 36 à 12 h. 17	54° 10′ 42″	
Mai	4	12 h. 12 à 12 h. 40	54° 10′ 2″	Moyenne : 54° 7′ 8″.
—	11	12 h. 13 à 12 h. 39	53° 58′ 18″	
—	18	12 h. 12 à 12 h. 43	54° 15′ 7″	
—	25	12 h. 10 à 12 h. 45	54° 5′ 7″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	INCLINAISON	
Juin	1	12 h. 12 à 12 h. 40	53° 59′ 24″	Moyenne : 54° 5′ 15″.
—	8	12 h. 14 à 12 h. 49	54° 9′ 1″	
—	15	12 h. 18 à 12 h. 54	54° 8′ 56″	
—	22	12 h. 16 à 12 h. 50	54° 6′ 21″	
—	29	12 h. 17 à 12 h. 50	54° 2′ 33″	
Juillet	6	12 h. 20 à 12 h. 52	54° 5′ 38″	Moyenne : 54° 3′ 31″.
—	13	11 h. 24 à 12 h. 0	54° 0′ 21″	
—	20	12 h. 23 à 13 h. 5	54° 6′ 13″	
—	27	12 h. 25 à 13 h. 10	54° 1′ 55″	
Août	3	12 h. 22 à 13 h. 5	54° 4′ 46″	Moyenne : 54° 4′ 19″.
—	17	12 h. 21 à 12 h. 50	54° 3′ 50″	
—	20	12 h. 18 à 12 h. 53	54° 3 2″	
—	24	12 h. 19 à 13 h. 0	54° 2′ 27″	
—	31	12 h. 16 à 12 h. 42	54° 7′ 33″	
Septembre	7	12 h. 16 à 12 h. 40	54° 2′ 48″	Moyenne : 54° 5′ 56″.
—	14	12 h. 15 à 12 h. 41	54° 6′ 41″	
—	21	12 h. 9 à 12 h. 31	54° 8′ 18″	
—	28	12 h. 10 à 12 h. 35	54° 5′ 57″	
Octobre	5	12 h. 5 à 12 h. 32	54° 8′ 36″	Moyenne : 54° 5′ 17″.
—	12	12 h. 0 à 12 h. 24	53° 58′ 45″	
—	19	11 h. 58 à 12 h. 21	54° 9′ 26″	
—	26	11 h. 55 à 12 h. 22	54° 4′ 12″	
Novembre	2	11 h. 50 à 12 h. 17	54° 6′ 58″	Moyenne : 54° 5′ 32″.
—	9	11 h. 55 à 12 h. 21	54° 2′ 22″	
—	16	12 h. 3 à 12 h. 26	54° 0′ 45″	
—	23	12 h. 21 à 12 h. 50	54° 11′ 33″	
Décembre	3	13 h. 30 à 13 h. 59	54° 5′ 3″	Moyenne : 54° 5′ 59″.
—	7	11 h. 42 à 12 h. 10	54° 7′ 51″	
—	14	12 h. 28 à 12 h. 56	54° 4′ 27″	
—	21	12 h. 36 à 12 h. 58	54° 7′ 2″	
—	28	12 h. 34 à 12 h. 55	54° 5′ 36″	
		1908		
Janvier	4	12 h. 32 à 12 h. 56	54° 8′ 33″	Moyenne : 54° 9′ 37″.
—	11	12 h. 30 à 13 h. 55	54° 10′ 8″	
—	18	12 h. 39 à 13 h. 5	54° 11′ 48″	
—	25	12 h. 45 à 13 h. 10	54° 9′ 22″	
Février	1	12 h. 12 à 12 h. 37	54° 6′ 32″	Moyenne : 54° 6′ 11″.
—	8	11 h. 45 à 12 h. 16	54° 5′ 27″	
—	15	12 h. 16 à 12 h. 45	54° 10′ 32″	
—	22	12 h. 2 à 12 h. 35	54° 3′ 6″	
—	29	12 h. 45 à 13 h. 13	54° 5′ 18″	
Mars	7	12 h. 28 à 13 h. 0	54° 12′ 6″	Moyenne : 54° 7′ 6″.
—	14	12 h. 45 à 13 h. 9	54° 5′ 12″	
—	21	12 h. 34 à 13 h. 4	54° 6′ 37″	
—	28	12 h. 25 à 12 h. 50	54° 4′ 32″	
Avril	4	12 h. 25 à 12 h. 46	54° 6′ 46″	Moyenne : 54° 3′ 44″.
—	11	12 h. 19 à 12 h. 40	54° 4′ 21″	
—	15	12 h. 22 à 12 h. 52	54° 0′ 59″	
—	25	12 h. 20 à 12 h. 49	54° 2′ 50″	
Mai	2	12 h. 23 à 12 h. 48	54° 2′ 18″	Moyenne : 54° 3′ 38″.
—	9	12 h. 28 à 12 h. 59	54° 4′ 17″	
—	16	12 h. 24 à 12 h. 50	53° 59′ 54″	
—	23	12 h. 20 à 12 h. 40	54° 11′ 6″	
—	30	12 h. 23 à 12 h. 49	54° 0′ 38″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

	DATES	HEURES	INCLINAISON	
Août	1	8 h. 35 à 9 h. 0	54° 4′ 2″	Moyenne : 54° 4′ 2″.
Octobre	24	8 h. 15 à 8 h. 45	53° 59′ 30″	Moyenne : 54° 0′ 35″.
—	31	8 h. 25 à 8 h. 50	54° 1′ 40″	
Novembre	7	8 h. 25 à 8 h. 50	54° 2′ 9″	Moyenne : 54° 0′ 11″.
—	20	8 h. 25 à 8 h. 50	53° 59′ 5″	
—	29	8 h. 30 à 9 h. 0	53° 59′ 20″	
Décembre	6	8 h. 30 à 9 h. 0	53° 57′ 47″	Moyenne : 54° 0′ 14″.
—	13	8 h. 15 à 8 h. 30	54° 5′ 25″	
—	19	8 h. 30 à 9 h. 0	53° 26′ 23″	
—	26	8 h. 30 à 9 h. 0	54° 1′ 22″	
		1909		
Janvier	2	8 h. 30 à 9 h. 0	53° 55′ 12″	Moyenne : 53° 59′ 12″.
—	9	8 h. 35 à 9 h. 0	58′ 57″	
—	18	8 h. 30 à 9 h. 0	54° 1′ 41″	
—	23	8 h. 35 à 9 h. 0	53° 57′ 15″	
—	30	8 h. 35 à 9 h. 0	54° 3′ 0″	
Février	6	8 h. 30 à 9 h. 0	54° 4′ 36″	Moyenne : 54° 0′ 21″.
—	13	8 h. 30 à 9 h. 0	0′ 36″	
—	21	8 h. 25 à 8 h. 50	53° 58′ 52″	
—	28	8 h. 30 à 9 h. 0	57′ 20″	
Mars	6	8 h. 30 à 9 h. 0	53′ 55″	Moyenne : 53° 57′ 30″.
—	13	8 h. 30 à 9 h. 0	59′ 30″	
—	20	8 h. 30 à 9 h. 0	55′ 50″	
—	27	8 h. 30 à 9 h. 0	54° 0′ 47″	
Avril	3	8 h. 30 à 9 h. 0	54° 0′ 35″	Moyenne : 53° 58′ 45″.
—	17	8 h. 45 à 9 h. 10	53° 57′ 16″	
—	24	8 h. 30 à 9 h. 0	58′ 19″	
Mai	3	8 h. 40 à 9 h. 5	54° 1′ 42″	Moyenne : 54° 3′ 1″.
—	8	8 h. 30 à 9 h. 0	53° 58′ 43″	
—	16	8 h. 30 à 9 h. 0	54° 4′ 15″	
—	22	8 h. 30 à 9 h. 0	6′ 23″	
—	29	8 h. 30 à 9 h. 0	4′ 0″	
Juin	7	8 h. 30 à 9 h. 0	53° 54′ 7″	Moyenne : 53° 59′ 24″.
—	12	8 h. 15 à 8 h. 45	57′ 47″	
—	20	8 h. 30 à 9 h. 0	54° 3′ 12″	
—	26	8 h. 30 à 9 h. 0	2′ 32″	
Juillet	3	8 h. 30 à 9 h. 0	53° 57′ 47″	Moyenne : 53° 59′ 13″.
—	11	8 h. 30 à 9 h. 0	57′ 5″	
—	17	8 h. 30 à 9 h. 0	54° 0′ 20″	
—	24	8 h. 40 à 9 h. 15	53° 59′ 24″	
—	31	8 h. 15 à 8 h. 35	54° 1′ 27″	
Août	28	8 h. 30 à 9 h. 0	54° 2′ 28″	Moyenne : 54° 2′ 28″.
Septembre	4	8 h. 25 à 9 h. 0	54° 2′ 2″	Moyenne : 53° 59′ 32″.
—	11	8 h. 25 à 9 h. 0	53° 59′ 49″	
—	18	8 h. 25 à 9 h. 0	53° 58′ 41″	
—	25	8 h. 35 à 9 h. 0	57′ 17″	
Octobre	2	8 h. 25 à 9 h. 0	54° 0′ 0″	Moyenne : 54° 0′ 52″.
—	16	8 h. 25 à 9 h. 0	54° 1′ 45″	
Novembre	1	8 h. 25 à 9 h. 0	54° 4′ 28″	Moyenne : 54° 0′ 18″.
—	6	8 h. 25 à 9 h. 0	0′ 12″	
—	13	8 h. 15 à 8 h. 45	1′ 5″	
—	20	8 h. 30 à 9 h. 0	53° 59′ 22″	
—	29	8 h. 10 à 8 h. 50	56′ 21″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	INCLINAISON	
Décembre	7	8 h. 25 à 8 h. 55	53° 59′ 32″	Moyenne : 53° 59′ 27″.
—	11	8 h. 20 à 8 h. 40	59′ 22″	
	1910			
Janvier	2	8 h. 20 à 8 h. 50	53° 59′ 30″	Moyenne : 53° 59′ 46″.
—	16	8 h. 10 à 8 h. 30	59′ 0″	
—	22	8 h. 20 à 8 h. 40	59′ 50″	
—	29	8 h. 20 à 8 h. 50	54° 0′ 52″	
Février	6	8 h. 25 à 8 h. 45	53° 57′ 47″	Moyenne : 53° 54′ 49″.
—	12	8 h. 20 à 8 h. 50	58° 37″	
—	21	8 h. 30 à 8 h. 50	47′ 40″	
—	28	8 h. 30 à 9 h. 0	55′ 10″	
Mars	5	8 h. 20 à 8 h. 45	59′ 27″	Moyenne : 53° 59′ 39″.
—	13	8 h. 15 à 8 h. 40	59′ 33″	
—	26	10 h. 0 à 10 h. 25	55′ 58″	
Avril	4	10 h. 0 à 10 h. 30	56′ 28″	Moyenne : 53° 59′ 40″.
—	E. C. 9	8 h. 50 à 9 h. 15	54° 1′ 12″	
—	E. C. 16	8 h. 30 à 9 h. 0	1′ 19″	
—	E. C. 23	8 h. 21 à 8 h. 53	53° 59′ 28″	
—	E. C. 30	8 h. 10 à 8 h. 40	59′ 41″	
Mai	E. C. 7	16 h. 15 à 16 h. 40	54° 3′ 51″	Moyenne : 54° 1′ 46″.
—	14	9 h. 15 à 9 h. 40	1′ 17″	
—	21	9 h. 10 à 9 h. 40	1′ 48″	
—	28	9 h. 20 à 9 h. 45	0′ 7″	
Juin	4	9 h. 15 à 9 h. 30	53° 54′ 30″	Moyenne : 53° 55′ 30″.
—	11	9 h. 15 à 9 h. 34	55′ 40″	
—	25	9 h. 20 à 9 h. 45	56′ 21″	
Juillet	9	9 h. 10 à 9 h. 30	54° 0′ 37″	Moyenne : 53° 59′ 41″.
—	18	9 h. 15 à 9 h. 35	53° 55′ 10″	
—	23	9 h. 15 à 9 h. 30	54° 2′ 7″	
—	E. C. 30	9 h. 8 à 9 h. 38	54° 0′ 51″	
Août	E. C. 6	8 h. 50 à 9 h. 25	54° 6′ 28″	Moyenne : 54° 1′ 24″.
—	E. C. 13	8 h. 50 à 9 h. 21	2′ 22″	
—	E. C. 20	8 h. 37 à 9 h. 14	53° 58′ 25″	
—	27	9 h. 15 à 9 h. 30	58′ 21″	
Septembre	3	9 h. 15 à 9 h. 30	54° 0′ 45″	Moyenne : 53° 56′ 39″.
—	10	9 h. 5 à 9 h. 25	53° 51′ 15″	
—	17	9 h. 10 à 9 h. 34	58′ 10″	
—	24	9 h. 10 à 9 h. 34	57′ 27″	
Octobre	1	9 h. 15 à 9 h. 35	54° 0′ 41″	Moyenne : 54° 0′ 1″.
—	8	9 h. 15 à 9 h. 35	0′ 21″	
—	15	9 h. 15 à 9 h. 30	1′ 8″	
—	22	9 h. 10 à 9 h. 30	53° 57° 48″	
—	28	9 h. 0 à 9 h. 17	54° 0′ 7″	
Novembre	5	9 h. 10 à 9 h. 30	53° 55′ 7″	Moyenne : 53° 59′ 4″.
—	12	9 h. 20 à 9 h. 40	54° 2′ 42″	
—	21	9 h. 20 à 9 h. 35	53° 58′ 23″	
—	E. C. 26	12 h. 4 à 13 h. 30	54° 0′ 5″	
Décembre	E. C. 3	12 h. 13 à 12 h. 37	53° 53′ 9″	Moyenne : 53° 58′ 21″.
—	9	9 h. 20 à 9 h. 40	59′ 57″	
—	E. C. 17	12 h. 10 à 12 h. 47	57′ 50″	
—	E. C. 24	9 h. 10 à 9 h. 25	58′ 40″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	INCLINAISON	
		1911		
Janvier	6	9 h. 10 à 9 h. 25	53° 49′ 0″	Moyenne : 53° 52′ 23″.
—	14	9 h. 25 à 9 h. 38	57′ 24″	
—	21	9 h. 10 à 9 h. 25	53′ 5″	
—	28	9 h. 10 à 9 h. 25	52′ 5″	
Février	6	9 h. 10 à 9 h. 25	58′ 21″	Moyenne : 53° 53′ 32″.
—	13	9 h. 10 à 9 h. 25	53′ 0″	
—	20	9 h. 25 à 9 h. 39	53′ 30″	
—	27	9 h. 10 à 9 h. 25	50′ 18″	
Mars	6	9 h. 10 à 9 h. 25	50′ 20″	Moyenne : 53° 53′ 36″.
—	13	9 h. 10 à 9 h. 25	49′ 30″	
—	21	9 h. 10 à 9 h. 25	55′ 15″	
—	27	9 h. 20 à 9 h. 40	58′ 45″	
Avril	3	8 h. 30 à 8 h. 56	57′ 10″	Moyenne : 53° 55′ 56″.
—	15	9 h. 0 à 9 h. 15	57′ 2″	
—	22	9 h. 25 à 9 h. 45	50′ 11″	
—	29	9 h. 20 à 9 h. 40	59′ 22″	
Mai	9	9 h. 15 à 9 h. 30	53° 53′ 14″	Moyenne : 53° 55′ 8″.
—	15	9 h. 10 à 9 h. 25	45′ 15″	
—	22	9 h. 10 à 9 h. 25	59′ 25″	
—	30	9 h. 15 à 9 h. 37	54° 2′ 40″	
Juin	12	9 h. 10 à 9 h. 20	54° 2′ 54″	Moyenne : 53° 56′ 10″.
—	20	9 h. 10 à 9 h. 20	53° 56′ 59″	
—	24	9 h. 10 à 9 h. 20	54′ 48″	
Juillet	4	9 h. 25 à 9 h. 43	52′ 50″	Moyenne : 53° 51′ 23″.
—	18	9 h. 10 à 9 h. 25	46′ 15″	
—	23	9 h. 35 à 9 h. 50	48′ 22″	
—	29	9 h. 20 à 9 h. 38	58° 5″	
Août	5	9 h. 10 à 9 h. 30	53° 54′ 2″	Moyenne : 53′ 53° 9″.
—	14	9 h. 10 à 9 h. 30	52′ 5″	
—	21	9 h. 20 à 9 h. 35	53′ 20″	
—	27	9 h. 10 à 9 h. 30	37′ 19″	
Septembre	4	9 h. 0 à 9 h. 25	57′ 47″	Moyenne : 53° 56′ 48″.
—	E. C. 9	8 h. 30 à 9 h. 15	53′ 31″	
—	E. C. 16	8 h. 30 à 9 h. 10	57′ 9″	
—	23	9 h. 25 à 9 h. 42	57′ 47″	
—	30	9 h. 7 à 9 h. 24	57′ 47″	
Octobre	6	9 h. 10 à 9 h. 35	51′ 45″	Moyenne : 53° 50′ 44″.
—	13	9 h. 15 à 9 h. 35	57′ 45″	
—	21	9 h. 10 à 9 h. 25	42′ 25″	
—	30	9 h. 15 à 9 h. 30	50′ 17″	
Novembre	4	9 h. 19 à 9 h. 29	51′ 32″	Moyenne : 53° 51′ 4″.
—	11	9 h. 5 à 9 h. 25	50′ 45″	
—	18	9 h. 15 à 9 h. 30	52′ 0″	
—	25	9 h. 10 à 9 h. 24	49′ 47″	
Décembre	2	9 h. 5 à 9 h. 25	51′ 32″	Moyenne : 53° 52′ 23″.
—	9	9 h. 15 à 9 h. 30	56′ 57″	
—	16	9 h. 0 à 9 h. 20	50′ 27″	
—	23	9 h. 20 à 9 h. 40	50′ 18″	
—	30	9 h. 0 à 9 h. 20	52′ 42″	
		1912		
Janvier	6	9 h. 20 à 9 h. 40	53° 49′ 43″	Moyenne : 53° 50′ 21″.
—	E. C. 13	9 h. 15 à 9 h. 30	51′ 33″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	INCLINAISON	
Janvier	20	9 h. 15 à 9 h. 30	46′ 57″	Moyenne : 53° 50′ 21″.
—	29	9 h. 15 à 9 h. 30	53′ 12″	
Février	3	9 h. 10 à 9 h. 26	53° 51′ 2″	Moyenne : 53° 51′ 35″.
—	10	9 h. 15 à 9 h. 25	54′ 7″	
—	19	9 h. 10 à 9 h. 30	51′ 46″	
—	24	9 h. 10 à 9 h. 26	49′ 25″	
Mars	2	9 h. 15 à 9 h. 30	42′ 10″	Moyenne : 53° 43′ 59″.
—	9	9 h. 7 à 9 h. 20	42′ 27″	
—	23	9 h. 5 à 9 h. 22	46′ 56″	
—	30	9 h. 0 à 9 h. 19	44′ 22″	
Avril	6	9 h. 15 à 9 h. 30	48′ 20″	Moyenne : 53° 47′ 20″.
—	13	9 h. 10 à 9 h. 25	48′ 7″	
—	20	9 h. 12 à 9 h. 28	44′ 55″	
—	27	9 h. 10 à 9 h. 25	47′ 57″	
Mai	4	9 h. 10 à 9 h. 25	47′ 16″	Moyenne : 53° 47′ 9″.
—	11	9 h. 7 à 9 h. 23	45′ 27″	
—	18	9 h. 0 à 9 h. 18	47′ 17″	
—	25	9 h. 5 à 9 h. 18	48′ 36″	
Juin	1	9 h. 10 à 9 h. 27	49′ 50″	Moyenne : 53° 47′ 6″.
—	8	9 h. 2 à 9 h. 17	47′ 47″	
—	15	9 h. 0 à 9 h. 20	46′ 22″	
—	24	9 h. 5 à 9 h. 20	46′ 10″	
—	29	9 h. 5 à 9 h. 20	47′ 13″	
Juillet	6	9 h. 5 à 9 h. 20	47′ 37″	Moyenne : 53° 44′ 6″.
—	13	9 h. 10 à 9 h. 25	43′ 17″	
—	20	9 h. 5 à 9 h. 20	39′ 57″	
—	30	9 h. 10 à 9 h. 25	41′ 34″	
Août	3	9 h. 0 à 9 h. 20	48′ 52″	Moyenne : 53′ 48° 5″.
—	12	9 h. 0 à 9 h. 25	48′ 8″	
—	17	9 h. 5 à 9 h. 20	47′ 15″	
Septembre	7	9 h. 10 à 9 h. 30	45′ 22″	Moyenne : 53° 45′ 22″.
Octobre	7	9 h. 5 à 9 h. 20	46′ 45″	Moyenne : 53° 44′ 12″.
—	24	9 h. 5 à 9 h. 20	43′ 47″	
—	25	9 h. 5 à 9 h. 20	40′ 32″	
—	26	9 h. 5 à 9 h. 20	45′ 45″	
Novembre	4	9 h. 5 à 9 h. 20	44′ 7″	Moyenne : 53° 44′ 19″.
—	9	9 h. 0 à 9 h. 15	45′ 12″	
—	16	9 h. 5 à 9 h. 20	43′ 52″	
—	25	9 h. 5 à 9 h. 20	44′ 7″	
Décembre	2	9 h. 5 à 9 h. 20	42′ 37″	Moyenne : 53° 40′ 29″.
—	7	9 h. 5 à 9 h. 20	41′ 45″	
—	16	9 h. 5 à 9 h. 20	41′ 27″	
—	21	9 h. 7 à 9 h. 25	39′ 5″	
—	28	9 h. 7 à 9 h. 25	37′ 31″	
		1913		
Janvier	5	9 h. 0 à 9 h. 20	53° 40′ 47″	Moyenne : 53° 40′ 38″.
—	9	9 h. 5 à 9 h. 25	42′ 20″	
—	27	9 h. 5 à 9 h. 20	38′ 40″	
Février	2	9 h. 5 à 9 h. 10	37′ 55″	Moyenne : 53° 37′ 10″
—	14	8 h. 45 à 9 h. 10	36′ 5″	
—	28	9 h. 7 à 9 h. 26	37′ 30″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	INCLINAISON	
Mars	8	9 h. 5 à 9 h. 20	36′ 52″	Moyenne : 53° 36′ 33″.
—	15	9 h. 0 à 9 h. 20	38′ 30″	
—	22	9 h. 5 à 9 h. 20	36′ 7″	
—	29	9 h. 5 à 9 h. 20	34′ 45″	
Avril	4	9 h. 5 à 9 h. 20	33′ 45″	Moyenne : 53° 35′ 15″.
—	14	9 h. 0 à 9 h. 15	35′ 37″	
—	20	9 h. 4 à 9 h. 20	36′ 22″	
—	E. C. 26	8 h. 23 à 9 h. 15	26′ 26″	
Mai	E. C. 3	8 h. 12 à 8 h. 51	22′ 33″	Moyenne : 53° 37′ 52″.
—	E. C. 10	8 h. 5 à 8 h. 20	24′ 38″	
—	19	9 h. 5 à 9 h. 15	36′ 55″	
—	24	9 h. 5 à 9 h. 20	38′ 50″	
Juin	1	9 h. 0 à 9 h. 15	38′ 51″	Moyenne : 53° 36′ 52″.
—	13	9 h. 5 à 9 h. 20	39′ 17″	
—	16	9 h. 5 à 9 h. 25	37′ 52′	
—	21	9 h. 5 à 9 h. 20	35′ 40″	
—	30	9 h. 5 à 9 h. 20	32′ 52″	
Juillet	7	9 h. 5 à 9 h. 20	36′ 7″	Moyenne : 53° 36′ 8″.
—	12	9 h. 6 à 9 h. 20	37′ 5″	
—	22	9 h. 5 à 9 h. 20	35′ 30″	
—	26	9 h. 10 à 9 h. 23	35′ 50″	
Août	4	9 h. 5 à 9 h. 20	33′ 52″	Moyenne : 53° 40′ 37″.
—	11	9 h. 5 à 9 h. 20	34′ 22″	
—	E. C. 18	9 h. 0 à 9 h. 39	44′ 39″	
—	E. C. 25	9 h. 0 à 9 h. 40	47′ 49″	
—	E. C. 30	9 h. 0 à 9 h. 45	41′ 44″	
Septembre	6	9 h. 5 à 9 h. 25	36′ 25″	Moyenne : 53° 41′ 45″.
—	E. C. 13	9 h. 5 à 9 h. 20	40′ 20″	
—	20	9 h. 0 à 9 h. 15	42′ 13″	
—	26	9 h. 0 à 9 h. 15	48′ 2″	
Octobre	4	9 h. 0 à 9 h. 15	40′ 40″	Moyenne : 53° 40′ 18″.
—	11	9 h. 5 à 9 h. 18	34′ 12″	
—	21	9 h. 5 à 9 h. 18	43′ 40″	
—	25	9 h. 0 à 9 h. 15	42′ 42″	
Novembre	8	9 h. 0 à 9 h. 18	44′ 45″	Moyenne : 53° 41′ 39″.
—	15	9 h. 0 à 9 h. 20	38′ 35″	
—	E. C. 22	9 h. 0 à 9 h. 40	40′ 30″	
—	E. C. 29	9 h. 0 à 9 h. 35	42′ 45″	
Décembre	6	9 h. 0 à 9 h. 32	48′ 46″	Moyenne : 53° 43′ 16″.
—	13	9 h. 5 à 9 h. 20	40′ 28″	
—	20	9 h. 0 à 9 h. 15	39′ 30″	
—	E. C. 27	9 h. 0 à 9 h. 30	44′ 30″	
		1914		
Janvier	4	9 h. 5 à 9 h. 18	53° 36′ 49″	Moyenne : 53° 38′ 33″.
—	9	9 h. 5 à 9 h. 20	40′ 22″	
—	18	9 h. 0 à 9 h. 15	40′ 30″	
—	E. C. 24	9 h. 0 à 9 h. 30	28′ 45″	
—	31	9 h. 10 à 9 h. 25	36′ 22″	
Février	7	9 h. 10 à 9 h. 25	42′ 20″	Moyenne : 53° 37′ 32″
—	14	9 h. 2 à 9 h. 18	38′ 11″	
—	21	9 h. 0 à 9 h. 15	36′ 31″	
—	28	9 h. 0 à 9 h. 15	38′ 7″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	INCLINAISON	
Mars	7	9 h. 0 à 9 h. 23	53° 33′ 37″	Moyenne : 53° 38′ 40″.
—	E. C. 14	9 h. 0 à 9 h. 35	43′ 52″	
—	E. C. 21	8 h. 55 à 9 h. 30	41′ 50″	
—	E. C. 28	9 h. 0 à 9 h. 30	35′ 22″	
Avril	E. C. 4	8 h. 55 à 9 h. 30	48′ 16″	Moyenne : 53° 38′ 30″.
—	11	9 h. 5 à 9 h. 20	36′ 20″	
—	18	9 h. 0 à 9 h. 15	41′ 37″	
—	27	9 h. 0 à 9 h. 15	42′ 17″	
Mai	11	9 h. 0 à 9 h. 15	38′ 30″	Moyenne : 53° 37′ 59″.
—	18	9 h. 0 à 9 h. 15	37′ 30″	
—	23	9 h. 0 à 9 h. 15	38′ 40″	
—	30	9 h. 0 à 9 h. 15	37′ 17″	
Juin	6	9 h. 5 à 9 h. 18	41′ 32″	Moyenne : 53° 39′ 28″.
—	20	9 h. 10 à 9 h. 26	39′ 52″	
—	27	9 h. 10 à 9 h. 27	37′ 0″	
Juillet	6	8 h. 50 à 9 h. 26	35′ 35″	Moyenne : 53° 38′ 45″.
—	11	9 h. 3 à 9 h. 18	39′ 15″	
—	18	9 h. 5 à 9 h. 20	44′ 2″	
—	26	9 h. 5 à 9 h. 21	35′ 22″	
Août	3	9 h. 0 à 9 h. 15	36′ 47″	Moyenne : 53° 37′ 36″.
—	9	9 h. 0 à 9 h. 15	38′ 20″	
—	17	9 h. 0 à 9 h. 12	38′ 37″	
—	22	9 h. 0 à 9 h. 18	36′ 42″	
—	29	9 h. 0 à 9 h. 18	37′ 5″	
Septembre	4	9 h. 0 à 9 h. 25	36′ 40″	Moyenne : 53° 35′ 22″.
—	14	8 h. 50 à 9 h. 10	32′ 52″	
—	19	9 h. 5 à 9 h. 20	37′ 42″	
—	26	9 h. 0 à 9 h. 15	34′ 12″	
Octobre	4	9 h. 0 à 9 h. 15	35′ 20″	Moyenne : 53° 34′ 57″.
—	19	9 h. 0 à 9 h. 15	34′ 0″	
—	24	9 h. 0 à 9 h. 24	33′ 45″	
—	31	9 h. 5 à 9 h. 17	36′ 42″	
Novembre	7	9 h. 0 à 9 h. 17	39′ 7″	Moyenne : 53° 39′ 41″.
—	16	9 h. 0 à 9 h. 18	38′ 30″	
—	21	9 h. 2 à 9 h. 20	39′ 32″	
—	28	9 h. 5 à 9 h. 25	41′ 35″	
Décembre	3	9 h. 5 à 9 h. 20	41′ 0″	Moyenne : 53° 37′ 51″.
—	14	9 h. 0 à 9 h. 18	39′ 30″	
—	19	9 h. 0 à 9 h. 17	33′ 2″	
		1915		
Janvier	4	9 h. 0 à 9 h. 25	53° 36′ 40″	Moyenne : 53° 32′ 24″.
—	9	8 h. 55 à 9 h. 37	26′ 44″	
—	18	9 h. 10 à 9 h. 25	30′ 28	
—	23	8 h. 32 à 9 h. 8	31′ 12″	
—	30	9 h. 10 à 9 h. 25	31′ 12″	
Février	6	9 h. 2 à 9 h. 18	32′ 43	Moyenne : 53° 33′ 44″.
—	13	9 h. 5 à 9 h. 22	33′ 28″	
—	19	9 h. 0 à 9 h. 16	35′ 45″	
Mars	6	9 h. 2 à 9 h. 18	35′ 7″	Moyenne : 53° 35′ 26″.
—	13	9 h. 6 à 9 h. 24	56′ 0″	
—	20	9 h. 4 à 9 h. 20	35′ 35″	
—	29	9 h. 2 à 9 h. 15	35′ 2″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	INCLINAISON	
Avril	3	9 h. 6 à 9 h. 18	53° 30′ 10″	Moyenne : 53° 33′ 41″
—	10	8 h. 34 à 9 h. 3	31′ 4″	
—	17	8 h. 35 à 9 h. 5	34′ 35″	
—	24	8 h. 30 à 9 h. 10	38′ 16″	
Mai	1	8 h. 32 à 9 h. 6	36′ 53″	Moyenne : 53° 34′ 11″.
—	11	9 h. 0 à 9 h. 16	28′ 45″	
—	15	9 h. 0 à 9 h. 18	33′ 30″	
—	22	9 h. 0 à 9 h. 19	32′ 30″	
—	29	9 h. 0 à 9 h. 18	39′ 17″	
Juin	7	9 h. 0 à 9 h. 15	35′ 38″	Moyenne : 53° 32′ 51″.
—	12	9 h. 5 à 9 h. 25	30′ 12″	
—	18	9 h. 2 à 9 h. 20	30′ 12″	
—	26	9 h. 5 à 9 h. 20	35′ 22″	
Juillet	3	9 h. 2 à 9 h. 18	38′ 27″	Moyenne : 53° 35′ 11″.
—	12	8 h. 2 à 9 h. 18	34′ 0″	
—	16	9 h. 5 à 9 h. 21	36′ 25″	
—	24	8 h. 34 à 9 h. 10	31′ 52″	
Août	7	8 h. 35 à 9 h. 5	34′ 56″	Moyenne : 53° 34′ 43″.
—	14	9 h. 5 à 9 h. 22	36′ 10″	
—	28	8 h. 30 à 9 h. 10	33′ 6″	
Septembre	4	8 h. 30 à 9 h. 3	42′ 32″	Moyenne : 53° 37′ 49″.
—	11	8 h. 25 à 9 h. 0	31′ 11″	
—	18	8 h. 25 à 9 h. 5	34′ 6″	
—	25	8 h. 32 à 9 h. 4	39′ 28″	
Octobre	2	8 h. 30 à 9 h. 5	36′ 41″	Moyenne : 53° 34′ 58″.
—	9	12 h. 32 à 14 h. 7	34′ 2″	
—	16	8 h. 30 à 9 h. 5	33′ 28″	
—	23	8 h. 30 à 9 h. 3	33′ 21″	
—	30	8 h. 25 à 9 h. 0	37′ 21″	
Novembre	6	8 h. 30 à 9 h. 0	32′ 6″	Moyenne : 53° 32′ 25″.
—	13	8 h. 30 à 9 h. 10	29′ 55″	
—	20	8 h. 20 à 8 h. 53	16′ 26″	
—	27	8 h. 20 à 8 h. 55	35′ 18″	
Décembre	4	8 h. 23 à 8 h. 55	39′ 7″	Moyenne : 53° 35′ 12″
—	11	8 h. 25 à 8 h. 55	42′ 12″	
—	18	12 h. 12 à 12 h. 51	27′ 26″	
—	23	12 h. 20 à 12 h. 49	32′ 6″	

N. B. — A partir du 4 août 1915, les observations magnétiques ont été faites par le Père Colin.

1916

Janvier	1	8 h. 20 à 8 h. 49	53° 44′ 31″	Moyenne : 53° 40′ 7″.
—	8	8 h. 30 à 9 h. 15	37′ 6″	
—	15	8 h. 22 à 8 h. 57	29′ 18″	
—	22	8 h. 20 à 9 h. 0	38′ 48″	
—	29	8 h. 20 à 8 h. 50	50′ 56″	
Février	5	8 h. 22 à 8 h. 53	46′ 29″	Moyenne : 53° 37′ 55″
—	12	8 h. 20 à 8 h. 45	38′ 57″	
—	19	8 h. 25 à 9 h. 0	27′ 36″	
—	26	8 h. 20 à 8 h. 55	38′ 41″	
Mars	4	8 h. 20 à 8 h. 55	33′ 43″	Moyenne : 53° 40′ 19″.
—	15	8 h. 20 à 9 h. 0	7′ 33″	
—	18	8 h. 15 à 8 h. 50	45′ 22″	
—	25	8 h. 20 à 8 h. 55	41′ 53″	
Avril	1	8 h. 20 à 8 h. 55	38′ 46″	Moyenne : 53° 36′ 28″.
—	8	8 h. 20 à 8 h. 58	30′ 57″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	INCLINAISON	
Avril	15	8 h. 22 à 8 h. 54	53° 31′ 18″	Moyenne : 53° 36′ 28″.
—	25	8 h. 25 à 8 h. 55	43′ 23″	
—	29	8 h. 17 à 8 h. 49	37′ 57″	
Mai	6	8 h. 40 à 9 h. 8	14′ 25″	Moyenne : 53° 28′ 48″.
—	13	8 h. 10 à 8 h. 45	29′ 16″	
—	20	8 h. 20 à 8 h. 52	33′ 16″	
—	27	8 h. 18 à 8 h. 50	38′ 15″	
Juin	3	8 h. 20 à 8 h. 50	33′ 29″	Moyenne : 53° 29′ 7″.
—	10	8 h. 15 à 8 h. 50	30′ 5″	
—	17	8 h. 35 à 9 h. 2	28′ 35″	
—	24	8 h. 30 à 9 h. 0	24′ 22″	
Juillet	1	8 h. 20 à 8 h. 55	27′ 10″	Moyenne : 53° 26′ 7″.
—	8	8 h. 24 à 8 h. 56	26′ 18″	
—	14	13 h. 15 à 13 h. 45	24′ 42″	
—	22	8 h. 20 à 8 h. 52	19′ 51″	
—	29	8 h. 20 à 8 h. 50	32′ 38″	
Août	1	13 h. 25 à 14 h. 0	21′ 28″	Moyenne : 53° 31′ 20″.
—	12	8 h. 12 à 8 h. 53	31′ 16″	
—	19	8 h. 15 à 8 h. 48	25′ 8″	
—	26	8 h. 17 à 8 h. 57	47′ 28″	
Septembre	2	8 h. 20 à 8 h. 52	34′ 13″	Moyenne : 53° 32′ 51″.
—	8	8 h. 36 à 9 h. 5	32′ 52″	
—	16	8 h. 15 à 8 h. 55	33′ 49″	
—	23	8 h. 20 à 8 h. 50	26′ 7″	
—	30	8 h. 17 à 8 h. 50	37′ 16″	
Octobre	5	8 h. 15 à 8 h. 50	40′ 37″	Moyenne : 53° 33′ 13″.
—	14	8 h. 18 à 8 h. 52	38′ 42″	
—	21	8 h. 18 à 9 h. 2	26′ 9″	
—	28	8 h. 15 à 8 h. 45	27′ 27″	
Novembre	4	8 h. 10 à 8 h. 42	36′ 11″	Moyenne : 53° 30′ 36″.
—	11	8 h. 16 à 8 h. 50	33′ 49″	
—	18	8 h. 19 à 8 h. 53	26′ 58″	
—	25	8 h. 22 à 9 h. 0	25′ 27″	
Décembre	2	8 h. 15 à 8 h. 46	26′ 33″	Moyenne : 53° 27′ 2″.
—	9	8 h. 16 à 8 h. 55	31′ 43″	
—	16	8 h. 41 à 9 h. 8	29′ 47″	
—	23	8 h. 23 à 8 h. 50	26′ 54″	
—	30	8 h. 22 à 8 h. 55	20′ 17″	
		1917		
Janvier	6	8 h. 16 à 8 h. 46	53° 30′ 14″	Moyenne : 53° 29′ 4″.
—	13	8 h. 14 à 8 h. 48	32′ 31″	
—	20	8 h. 12 à 8 h. 45	32′ 27″	
—	27	8 h. 15 à 8 h. 45	21′ 7″	
Février	3	8 h. 15 à 8 h. 45	32′ 31″	Moyenne : 53° 32′ 46″.
—	10	8 h. 17 à 8 h. 49	34′ 20″	
—	17	8 h. 23 à 8 h. 54	30′ 17″	
—	24	8 h. 17 à 8 h. 45	34′ 2″	
Mars	3	8 h. 25 à 9 h. 40	24′ 3″	Moyenne : 53° 28 15″.
—	10	8 h. 20 à 8 h. 48	32′ 31″	
—	17	8 h. 17 à 8 h. 57	29′ 37″	
—	24	8 h. 25 à 8 h. 57	7′ 26″	
—	31	8 h. 25 à 8 h. 55	26′ 49″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	INCLINAISON	
Avril	4	8 h. 25 à 9 h. 3	53° 32′ 11″	Moyenne : 53° 34′ 36″.
—	14	8 h. 18 à 8 h. 50	32′ 11″	
—	21	8 h. 15 à 8 h. 50	39′ 1″	
—	28	8 h. 20 à 8 h. 55	29′ 2″	
Mai	5	8 h. 17 à 8 h. 48	33′ 2″	Moyenne : 53° 34′ 35″.
—	12	8 h. 16 à 8 h. 49	33′ 52″	
—	19	8 h. 23 à 9 h. 0	36′ 53″	
—	26	8 h. 8 à 8 h. 47	19′ 17″	
Juin	2	8 h. 20 à 9 h. 0	36′ 1″	Moyenne : 53° 30′ 31″.
—	9	8 h. 18 à 8 h. 55	28′ 13″	
—	16	8 h. 16 à 8 h. 50	36′ 3″	
—	23	8 h. 20 à 9 h. 26	28′ 28″	
—	30	8 h. 17 à 9 h. 0	23′ 51″	
Juillet	7	8 h. 20 à 9 h. 0	32′ 18″	Moyenne : 53° 30′ 49″.
—	14	8 h. 20 à 9 h. 3	31′ 0″	
—	21	8 h. 20 à 9 h. 6	29′ 11″	
—	28	8 h. 25 à 9 h. 15	30′ 47″	
Août	4	8 h. 18 à 9 h. 0	22′ 31″	Moyenne : 53° 31′ 28″.
—	11	8 h. 17 à 8 h. 52	33′ 11″	
—	18	8 h. 14 à 8 h. 54	36′ 42″	
—	25	8 h. 10 à 8 h. 45	33′ 28″	
Septembre	1	8 h. 12 à 8 h. 49	20′ 48″	Moyenne : 53′ 29° 41″.
—	8	8 h. 18 à 9 h. 3	32° 50″	
—	15	8 h. 15 à 8 h. 54	29′ 32″	
—	22	8 h. 18 à 9 h. 4	27′ 58″	
—	29	8 h. 17 à 8 h. 51	16′ 52″	
Octobre	6	8 h. 19 à 8 h. 50	28′ 53″	Moyenne : 53° 26′ 23″.
—	13	8 h. 14 à 8 h. 56	36′ 19″	
—	20	8 h. 20 à 9 h. 0	16′ 24″	
—	27	8 h. 20 à 9 h. 4	23′ 56″	
Novembre	3	8 h. 17 à 8 h. 50	22′ 31″	Moyenne : 53′ 29′ 4″.
—	10	8 h. 17 à 8 h. 45	27′ 36″	
—	17	8 h. 20 à 8 h. 45	21′ 14″	
—	24	8 h. 25 à 8 h. 59	24′ 56″	
Décembre	1	8 h. 0 à 8 h. 35	22′ 24″	Moyenne : 53′ 26′ 21″.
—	8	8 h. 6 à 8 h. 39	25′ 17″	
—	15	8 h. 12 à 8 h. 45	28′ 55″	
—	22	8 h. 10 à 8 h. 50	29′ 20″	
—	29	8 h. 5 à 8 h. 40	0′ 56″	
		1918		
Janvier	5	8 h. 16 à 8 h. 50	53° 23′ 34″	Moyenne : 53° 21′ 37″.
—	12	8 h. 5 à 8 h. 40	22′ 23″	
—	19	8 h. 10 à 8 h. 47	18′ 23″	
—	26	8 h. 0 à 8 h. 36	22′ 10″	
Février	2	8 h. 7 à 8 h. 37	24′ 54″	Moyenne : 53° 27′ 56″.
—	9	8 h. 13 à 8 h. 45	24′ 50″	
—	16	8 h. 2 à 8 h. 43	29′ 5″	
—	23	8 h. 5 à 8 h. 45	32′ 56″	
Mars	2	8 h. 3 à 8 h. 50	24′ 13″	Moyenne : 53° 26′ 39″
—	8	15 h. 9 à 15 h. 45	35′ 29″	
—	16	8 h. 5 à 8 h. 50	32′ 38″	
—	23	8 h. 5 à 8 h. 40	25′ 56″	
—	26	14 h. 20 à 14 h. 58	24′ 50″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	INCLINAISON	
Avril	6	8 h. 10 à 8 h. 50	53° 28′ 9″	Moyenne : 53° 27′ 24″.
—	13	8 h. 10 à 8 h. 40	25′ 42″	
—	20	8 h. 8 à 8 h. 45	30′ 37″	
—	27	8 h. 10 à 8 h. 48	24′ 51″	
Mai	4	8 h. 12 à 8 h. 55	27′ 17″	Moyenne : 53° 28′ 29″.
—	11	8 h. 9 à 8 h. 49	32′ 33″	
—	18	8 h. 6 à 8 h. 46	32′ 31″	
—	25	8 h. 5 à 8 h. 50	21′ 36″	
Juin	1	8 h. 10 à 8 h. 53	19′ 2″	Moyenne : 53° 21′ 22″.
—	8	8 h. 16 à 8 h. 55	20′ 27″	
—	15	8 h. 12 à 8 h. 50	30′ 1″	
—	22	8 h. 6 à 8 h. 52	25′ 13″	
—	29	8 h. 5 à 8 h. 51	12′ 11″	
Juillet	6	8 h. 10 à 8 h. 45	22′ 40″	Moyenne : 53° 22′ 11″.
—	13	8 h. 0 à 8 h. 39	18′ 22″	
—	20	8 h. 4 à 8 h. 42	26′ 33″	
—	27	7 h. 50 à 8 h. 35	21′ 12″	
Août	3	8 h. 3 à 8 h. 49	26′ 7″	Moyenne : 53° 22′ 41″.
—	10	8 h. 5 à 8 h. 49	14′ 23″	
—	17	8 h. 7 à 8 h. 42	19′ 24″	
—	24	8 h. 10 à 8 h. 55	32′ 6″	
—	31	8 h. 11 à 8 h. 54	21′ 22″	
Septembre	7	8 h. 9 à 9 h. 3	28′ 51″	Moyenne : 53° 27′ 2″.
—	14	8 h. 15 à 8 h. 51	25′ 30″	
—	21	8 h. 4 à 8 h. 39	28′ 55″	
—	28	8 h. 4 à 8 h. 44	24′ 53″	
Octobre	5	8 h. 15 à 8 h. 57	28′ 42″	Moyenne : 53° 20′ 9″.
—	12	8 h. 12 à 8 h. 57	16′ 8″	
—	19	8 h. 5 à 8 h. 57	15′ 15″	
—	26	8 h. 5 à 8 h. 40	20′ 32″	
Novembre	2	8 h. 3 à 8 h. 45	19′ 18″	Moyenne : 53° 21′ 14″.
—	9	8 h. 5 à 8 h. 45	13′ 45″	
—	15	7 h. 55 à 8 h. 35	28′ 47″	
—	22	7 h. 55 à 8 h. 35	29′ 46″	
—	29	7 h. 56 à 8 h. 36	20′ 16″	
Décembre	7	8 h. 10 à 8 h. 50	14′ 56″	Moyenne : 53° 16′ 27″.
—	14	8 h. 0 à 8 h. 40	17′ 14″	
—	21	6 h. 35 à 7 h. 7	17′ 11″	
		1919		
Janvier	4	8 h. 8 à 8 h. 45	53° 24′ 55″	Moyenne : 53° 26′ 47″.
—	11	8 h. 2 à 8 h. 39	21′ 42″	
—	18	8 h. 3 à 8 h. 40	34′ 41″	
—	25	8 h. 5 à 8 h. 50	25′ 52″	
Février	1	8 h. 35 à 9 h. 9	23′ 45″	Moyenne : 53° 23′ 1″.
—	8	8 h. 0 à 8 h. 36	21′ 55″	
—	15	8 h. 6 à 8 h. 36	27′ 2″	
—	22	8 h. 1 à 8 h. 40	19′ 23″	
Mars	1	8 h. 3 à 8 h. 40	53° 19′ 22″	Moyenne : 53° 19′ 22″.
Avril (malade.)				
Mai	24	8 h. 6 à 8 h. 45	26′ 56″	Moyenne : 53° 24′ 24″.
—	31	8 h. 5 à 8 h. 43	21′ 52″	
Juin	7	8 h. 3 à 8 h. 40	18′ 35″	Moyenne : 53° 20′ 51″.
—	14	8 h. 12 à 8 h. 55	28′ 4″	
—	21	8 h. 0 à 8 h. 42	19′ 16″	
—	28	7 h. 56 à 8 h. 40	17′ 31″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	INCLINAISON	
Juillet	5	8 h. 2 à 8 h. 41	53° 23′ 42″	Moyenne : 53° 20′ 23″
—	12	8 h. 5 à 8 h. 55	10′ 32″	
—	19	8 h. 0 à 8 h. 41	22′ 4″	
—	26	8 h. 4 à 8 h. 41	25′ 16″	
Août	2	8 h. 0 à 8 h. 38	53° 15′ 38″	Moyenne : 53° 20′ 57″.
—	9	8 h. 5 à 8 h. 48	16′ 41″	
—	16	8 h. 28 à 8 h. 48	30′ 29″	
—	19	15 h. 5 à 16 h. 0	26′ 47″	
—	30	8 h. 3 à 8 h. 40	15′ 11″	
Septembre	6	8 h. 5 à 8 h. 41	53° 7′ 11″	Moyenne : 53° 22′ 31″.
—	13	8 h. 0 à 8 h. 40	35′ 14″	
—	20	8 h. 5 à 8 h. 45	25′ 34″	
—	27	8 h. 5 à 8 h. 46	22′ 6″	
Octobre	4	8 h. 5 à 8 h. 40	53° 20′ 16″	Moyenne : 53° 21′ 26″.
—	11	8 h. 0 à 8 h. 43	17′ 42″	
—	18	8 h. 3 à 8 h. 51	21′ 48″	
—	25	8 h. 0 à 8 h. 43	21′ 24″	
—	31	8 h. 0 à 8 h. 48	26′ 3″	
Novembre	8	8 h. 0 à 8 h. 45	53° 22′ 12″	Moyenne : 53° 16′ 5″.
—	15	8 h. 0 à 8 h. 45	8′ 5″	
—	22	8 h. 5 à 8 h. 53	23′ 6″	
—	29	8 h. 2 à 8 h. 40	10′ 57″	
Décembre	6	8 h. 2 à 8 h. 37	53° 17′ 13″	Moyenne : 53° 18″ 28′.
—	13	8 h. 3 à 8 h. 43	15′ 10″	
—	16	14 h. 32 à 15 h. 9	28′ 12″	
—	24	8 h. 0 à 8 h. 40	13′ 18″	
		1920		
Janvier	3	7 h. 55 à 8 h. 35	53° 24′ 47″	Moyenne : 53° 19′ 51″.
—	9	8 h. 2 à 8 h. 39	21′ 31″	
—	17	8 h. 5 à 8 h. 53	22′ 5″	
—	24	8 h. 3 à 8 h. 40	15′ 33″	
—	31	8 h. 0 à 8 h. 47	15′ 16″	
Février	7	8 h. 0 à 8 h. 45	53° 24′ 3″	Moyenne : 53° 18′ 16″.
	14	8 h. 2 à 8 h. 39	13′ 5″	
—	21	8 h. 3 à 8 h. 47	18′ 16″	
—	28	8 h. 0 à 8 h. 40	20′ 22″	
Mars	6	8 h. 3 à 8 h. 49	53° 25′ 59″	Moyenne : 53° 24′ 48″.
—	13	8 h. 2 à 8 h. 38	30′ 24″	
—	20	8 h. 3 à 8 h. 39	23′ 38″	
—	27	8 h. 3 à 8 h. 44	19′ 53″	
—	30	14 h. 20 à 15 h. 10	20′ 35″	
Avril	10	8 h. 5 à 8 h. 41	53° 26′ 38″	Moyenne : 53° 22′ 48″.
—	17	8 h. 4 à 8 h. 45	15′ 13″	
—	24	8 h. 0 à 8 h. 42	26′ 35″	
Mai	1	8 h. 0 à 8 h. 37	53° 11′ 35″	Moyenne : 53° 19′ 52″.
—	8	8 h. 2 à 8 h. 49	26′ 30″	
—	15	8 h. 4 à 8 h. 40	18′ 30″	
—	22	8 h. 2 à 8 h. 44	16′ 44″	
—	29	8 h. 5 à 8 h. 45	24′ 52″	
Juin	5	8 h. 4 à 8 h. 54	53° 25′ 45″	Moyenne : 53° 19′ 43″.
—	12	8 h. 3 à 8 h. 44	19′ 20″	
—	19	8 h. 3 à 8 h. 50	22′ 12″	
—	26	8 h. 2 à 8 h. 45	11′ 27″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	INCLINAISON	
Juillet	3	7 h. 53 à 8 h. 42	53° 19′ 47″	Moyenne : 53° 18′ 56″.
—	10	8 h. 0 à 8 h. 40	19′ 46″	
—	17	8 h. 0 à 8 h. 40	20′ 3″	
—	24	8 h. 0 à 8 h. 45	15′ 57″	
—	30	12 h. 22 à 12 h. 58	19′ 19″	
Août	7	8 h. 3 à 8 h. 45	53° 7′ 56″	Moyenne : 93° 10′ 47″.
—	14	8 h. 3 à 8 h. 46	13′ 38″	
Septembre	11	8 h. 5 à 8 h. 40	53° 17′ 14″	Moyenne : 93° 20′ 31″.
—	18	8 h. 3 à 8 h. 45	25′ 57″	
—	25	6 h. 45 à 7 h. 30	18′ 23″	
Octobre	2	8 h. 0 à 8 h. 40	53° 23′ 43″	Moyenne : 53° 22′ 58″.
—	9	8 h. 0 à 8 h. 40	19′ 1″	
—	16	8 h. 0 à 8 h. 40	21′ 56″	
—	23	8 h. 0 à 8 h. 45	27′ 10″	
—	30	8 h. 0 à 8 h. 47	23′ 3″	
Novembre	6	8 h. 3 à 8 h. 38	53° 10′ 42″	Moyenne : 53° 15′ 23″.
—	27	8 h. 6 à 8 h. 44	20′ 5″	
Décembre	4	8 h. 4 à 8 h. 44	53° 16′ 27″	Moyenne : 53° 16′ 14″.
—	11	8 h. 1 à 8 h. 38	20′ 26″	
—	18	8 h. 3 à 8 h. 45	15′ 7″	
—	24	8 h. 5 à 8 h. 59	11′ 59″	
		1921		
Janvier	8	8 h. 2 à 8 h. 44	53° 17′ 32″	Moyenne : 53° 16′ 3″.
—	15	8 h. 0 à 8 h. 49	8′ 8″	
—	22	8 h. 40 à 9 h. 25	19′ 11″	
—	29	8 h. 3 à 8 h. 39	19′ 21″	
Février	5	8 h. 3 à 8 h. 40	53° 17′ 55″	Moyenne : 53° 14′ 25″.
—	12	8 h. 15 à 8 h. 49	21′ 22″	
—	19	8 h. 4 à 8 h. 44	10′ 14″	
—	26	8 h. 0 à 8 h. 55	8′ 12″	
Mars	5	8 h. 2 à 8 h. 53	53° 15′ 7″	Moyenne : 53° 18′ 6″.
—	12	8 h. 3 à 8 h. 47	12′ 12″	
—	19	8 h. 4 à 8 h. 45	17′ 27″	
—	22	12 h. 14 à 12 h. 58	27′ 41″	
Avril	2	8 h. 3 à 8 h. 40	53° 16′ 19″	Moyenne : 53° 17′ 55″.
—	9	7 h. 58 à 8 h. 38	10′ 53″	
—	16	8 h. 3 à 8 h. 43	19′ 57″	
—	23	8 h. 3 à 8 h. 45	16′ 38″	
—	30	8 h. 3 à 8 h. 42	25′ 51″	
Mai	7	8 h. 2 à 8 h. 45	53° 20′ 38″	Moyenne : 53° 21′ 54″.
—	14	8 h. 4 à 8 h. 48	26′ 4″	
—	21	8 h. 3 à 8 h. 45	17′ 42″	
—	28	8 h. 5 à 8 h. 50	23′ 12″	
Juin	4	8 h. 5 à 8 h. 55	53° 9′ 15″	Moyenne : 53° 17′ 31″.
—	11	8 h. 2 à 8 h. 45	22′ 27″	
—	18	8 h. 8 à 8 h. 48	24′ 29″	
—	26	8 h. 2 à 8 h. 45	13′ 56″	
Juillet	2	8 h. 4 à 8 h. 45	53° 6′ 12″	Moyenne : 53° 14′ 41″.
—	9	8 h. 3 à 8 h. 45	9′ 44″	
—	16	8 h. 2 à 8 h. 52	24′ 31″	
—	23	8 h. 3 à 8 h. 53	16′ 18″	
—	30	8 h. 2 à 8 h. 44	16′ 42″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	INCLINAISON	
Août	6	8 h. 2 à 8 h. 45	53° 27′ 57″	Moyenne : 53° 17′ 32″.
—	13	8 h. 3 à 8 h. 51	20′ 2″	
—	20	7 h. 55 à 8 h. 33	13′ 45″	
—	27	8 h. 0 à 8 h. 47	8′ 26″	
Septembre	3	8 h. 2 à 8 h. 42	53° 5′ 46″	Moyenne : 53° 11′ 4″.
—	10	8 h. 4 à 8 h. 40	16′ 23″	
Octobre	8	8 h. 3 à 8 h. 45	53° 18′ 21″	Moyenne : 53° 14′ 39″.
—	15	8 h. 0 à 8 h. 40	6′ 15″	
—	22	8 h. 0 à 8 h. 35	28′ 57″	
—	29	8 h. 0 à 8 h. 40	5′ 4″	
Novembre	5	8 h. 0 à 8 h. 50	53° 28′ 1″	Moyenne : 53° 19′ 4″.
—	12	8 h. 0 à 8 h. 45	16′ 3″	
—	19	8 h. 0 à 8 h. 38	13′ 53″	
—	25	8 h. 3 à 8 h. 40	18′ 22″	
Décembre	3	8 h. 3 à 8 h. 47	53° 18′ 22″	Moyenne : 53° 18′ 22″.
—	17	7 h. 55 à 8 h. 35	22′ 12″	
—	24	8 h. 0 à 8 h. 40	15′ 49″	
—	29	7 h. 53 à 8 h. 33	17′ 6″	
		1922		
Janvier	7	8 h. 4 à 8 h. 47	53° 12′ 36″	Moyenne : 53° 16′ 52″.
—	14	8 h. 0 à 8 h. 35	15′ 22″	
—	21	7 h. 58 à 8 h. 37	16′ 49″	
—	28	8 h. 5 à 8 h. 37	22′ 43″	
Février	4	8 h. 3 à 8 h. 40	53° 11′ 13″	Moyenne : 53′ 17° 47″.
—	11	8 h. 0 à 8 h. 39	18′ 16″	
—	18	9 h. 25 à 10 h. 0	18′ 41″	
—	25	8 h. 0 à 8 h. 39	22′ 58″	
Mars	4	8 h. 2 à 8 h. 38	53° 25′ 22″	Moyenne : 53° 19′ 58″.
—	11	8 h. 5 à 8 h. 43	14′ 12″	
—	18	8 h. 5 à 8 h. 45	25′ 8″	
—	25	8 h. 5 à 8 h. 50	14′ 12″	
Avril	1	8 h. 5 à 8 h. 48	53° 14′ 13″	Moyenne : 53° 17′ 8″.
—	6	8 h. 0 à 8 h. 30	20′ 17″	
—	22	8 h. 5 à 8 h. 44	26′ 56″	
—	29	8 h. 5 à 8 h. 46	7′ 5″	
Mai	7	8 h. 4 à 8 h. 47	53° 7′ 12″	Moyenne : 53° 17′ 15″.
—	13	8 h. 3 à 8 h. 35	15′ 58″	
—	20	8 h. 4 à 8 h. 37	16′ 3″	
—	24	11 h. 57 à 12 h. 38	29′ 48″	
Juin	3	8 h. 0 à 8 h. 42	53° 9′ 17″	Moyenne : 53° 19′ 22″.
—	10	8 h. 0 à 8 h. 37	22′ 23″	
—	17	8 h. 4 à 8 h. 40	24′ 13″	
—	24	8 h. 4 à 8 h. 45	21′ 35″	
Juillet	1	8 h. 3 à 8 h. 47	53° 19′ 50″	Moyenne : 53° 19′ 59″.
—	8	8 h. 3 à 8 h. 47	21′ 1″	
—	13	12 h. 4 à 12 h. 40	18′ 13″	
—	29	8 h. 3 à 8 h. 39	20′ 12″	
Août	19	11 h. 25 à 12 h. 18	53° 20′ 51″	Moyenne : 53° 16′ 13″.
—	26	7 h. 54 à 8 h. 33	17′ 44″	
—	30	8 h. 6 à 8 h. 47	10′ 4″	
Septembre	2	8 h. 5 à 8 h. 55	53° 13′ 26″	Moyenne : 53° 15′ 13″.
—	9	8 h. 5 à 8 h. 45	17′ 6″	

Mesures absolues. — Inclinaison (*suite*).

DATES		HEURES	INCLINAISON	
Septembre	16	8 h. 0 à 8 h. 33	53° 21′ 31″	Moyenne : 53° 15′ 13″.
—	23	8 h. 0 à 8 h. 46	8′ 18″	
—	30	8 h. 6 à 8 h. 44	15′ 46″	
Octobre	7	8 h. 0 à 8 h. 45	53° 14′ 31″	Moyenne : 53° 16′ 45″.
—	14	8 h. 5 à 8 h. 40	20′ 32″	
—	21	8 h. 5 à 8 h. 44	17′ 26″	
—	27	12 h. 0 à 12 h. 35	14′ 31″	
Novembre	4	8 h. 0 à 8 h. 40	53° 11′ 19″	Moyenne : 53° 13′ 47″.
—	10	8 h. 0 à 8 h. 35	16′ 24″	
—	18	8 h. 0 à 8 h. 40	22′ 48″	
—	25	8 h. 4 à 8 h. 38	4′ 37″	
Décembre	2	8 h. 4 à 8 h. 40	53° 9′ 26″	Moyenne : 53° 12′ 14″.
—	9	8 h. 1 à 8 h. 37	13′ 38″	
—	16	8 h. 3 à 8 h. 37	9′ 48″	
—	23	8 h. 0 à 8 h. 44	16′ 42″	
—	30	8 h. 3 à 8 h. 45	11′ 38″	

TABLEAU 1. — Résumé général des mesures absolues. — Déclinaison Nord-Ouest.

ANNÉES	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE	MOYENNE ANNUELLE
1890							13° 2'4	13° 13'1	13° 8'3		13° 5'9		13° 7'4
1892								12° 44'2					12° 44'2
1893		12° 56'8	12° 48'2	12° 48'5	12° 44'4			12° 49'1			12° 46'4		12° 48'9
1894	12° 43'8	12° 40'6	12° 39'4										12° 40'7
1902					10° 19'7	10° 19'0	10° 16'7	10° 14'9	10° 14'9	10° 12'4	10° 11'0	10° 11'7	10° 15'0
1903	10° 10'8	10° 10'1	10° 9'9	10° 8'5	10° 9'0	10° 7'8	10° 7'4	10° 9'1	10° 6'3	9° 59'4	10° 2'6	10° 2'8	10° 7'0
1904	9° 59'8	9° 59'7	10° 0'0	10° 0'9	9° 59'6	9° 59'6	9° 57'4	10° 0'0	9° 59'5	9° 56'9	9° 52'1	9° 50'2	9° 57'9
1905	9° 52'2	9° 49'9	9° 50'8	9° 50'2	9° 51'7	9° 48'6	9° 48'7	9° 48'8	9° 49'6	9° 45'7	9° 45'0	9° 43'5	9° 47'9
1906	9° 40'9	9° 40'0	9° 41'9	9° 39'5	9° 41'3	9° 41'1	9° 40'0	9° 40'4	9° 39'9	9° 35'9	9° 32'7	9° 36'3	9° 39'2
1907	9° 35'3	9° 32'1	9° 34'4	9° 32'0	9° 32'9	9° 31'0	9° 30'8	9° 27'8	9° 29'3	9° 26'9	9° 21'9	9° 22'4	9° 28'9
1908	9° 22'4	9° 21'7	9° 22'5	9° 21'4	9° 23'5		9° 22'9			9° 19'2	9° 22'4	9° 18'5	9° 21'6
1909	9° 19'1	9° 19'5	9° 18'0	9° 15'5	9° 15'0	9° 11'7	9° 12'7	9° 8'0	9° 7'6	9° 10'8	9° 10'3	9° 8'0	9° 13'0
1910	9° 7'5	9° 10'3	9° 6'9	9° 5'1	9° 2'0	9° 1'7	9° 1'0	8° 57'5	8° 59'0	8° 57'0	8° 58'5	8° 49'6	9° 1'3
1911	8° 49'0	8° 52'7	8° 52'6	8° 52'3	8° 49'3	8° 49'3	8° 48'2	8° 47'7	8° 45'9	8° 46'2	8° 46'6	8° 45'1	8° 48'6
1912	8° 41'9	8° 43'5	8° 42'5	8° 42'2	8° 40'3	8° 38'4	8° 35'9	8° 36'9	8° 37'2	8° 35'8	8° 35'7	8° 36'0	8° 38'9
1913	8° 32'8	8° 33'4	8° 34'2	8° 33'7	8° 33'2	8° 32'0	8° 28'9	8° 30'0	8° 30'5	8° 30'3	8° 28'9	8° 28'6	8° 31'4
1914	8° 29'1	8° 29'7	8° 27'5	8° 28'0	8° 26'0	8° 24'1	8° 25'0	8° 23'9	8° 23'7	8° 23'1	8° 21'5	8° 20'5	8° 25'2
1915	8° 21'8	8° 22'7	8° 22'8	8° 22'7	8° 21'7	8° 19'9	8° 18'0	8° 17'0	8° 19'0	8° 13'2	8° 16'3	8° 16'4	8° 19'2
1916	8° 17'1	8° 16'5	8° 15'1	8° 14'6	8° 13'4	8° 11'6	8° 11'9	8° 12'4	8° 12'8	8° 14'0	8° 14'7	8° 13'9	8° 14'0
1917	8° 10'2	8° 11'9	8° 12'3	8° 10'7	8° 9'2	8° 7'7	8° 6'7	8° 6'1	8° 9'5	8° 7'9	8° 8'6	8° 9'0	8° 9'1
1918	8° 8'9	8° 9'2	8° 7'2	8° 2'4	8° 4'2	8° 2'6	8° 2'9	8° 1'2	8° 2'5	8° 3'3	8° 5'8	8° 0'8	8° 4'2
1919	8 1'3	8° 4'5			8° 3'4	8° 6'9	8° 6'2	8° 5'3	8° 5'2	8° 5'0	8° 6'9	8° 1'7	8° 4'6
1920	8° 5'0	8° 4'6	8° 3'9	8° 1'7	8° 1'3	7° 59'4	7° 59'3	7° 59'5	8° 0'4	8° 0'3	8° 0'3	8° 0'7	8° 1'4
1921	7° 59'6	8° 0'3	8° 1'7	8° 1'4	7° 59'6	7° 58'4	7° 57'8	7° 58'8	7° 56'8	7° 55'5	7° 56'1	7° 58'5	7° 58'7
1922	7° 57'9	7° 53'4	7° 49'7	7° 46'6	7° 43'9	7° 41'4	7° 42'3	7° 42'1	7° 44'3	7° 45'9	7° 47'7	7° 47'0	7° 47'1

TABLEAU 2. — **Variation mensuelle et annuelle de la déclinaison.**
La déclinaison diminue de :

ANNÉES	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE	MOYENNE ANNUELLE
1902-1903					10′7	11′2	9′3	5′8	8′6	13′0	8′4	8′9	8′0
1903-1904	11′0	10′4	9′9	8′5	9′4	8′2	10′0	9′1	6′8	2′5	10′5	12′6	9′1
1904-1905	7′6	9′6	9′8	9′8	7′9	11′0	8′7	11′2	9′9	11′2	7′1	6′7	10′0
1905-1906	11′3	9′8	8′9	10′6	10′5	7′5	8′7	8′4	9′7	9′8	12′2	7′3	8′7
1906-1907	5′6	8′0	7′4	7′5	8′4	10′0	9′2	12′6	10′6	9′0	— 10′9	13′8	10′3
1907-1908	12′9	10′4	11′9	10′6	9′4		7′9			7′6	+ 0′6	3′9	7,3
1908-1909	3′3	2′1	4′4	5′8	8′4		10′2			8′4	— 12′1	10′5	8′6
1909-1910	11′7	9′2	11′1	10′4	13′0	10′0	11′7	10′5	8′6	13′7	11′8	18′3	11′7
1910-1911	18′5	17′7	14′3	12′9	12′7	12′4	12′8	9′8	13′0	10′9	11′9	4′6	12′7
1911-1912	7′0	9′1	10′1	10′1	9′0	10′9	12′3	10′8	8′7	10′5	11′0	9′1	9′8
1912-1913	9′1	10′2	8′3	8′4	7′0	6′4	7′0	6′9	6′8	5′5	6′8	7′4	7′5
1913-1914	3′7	3′7	6′7	5′7	7′2	7′9	3′9	6′1	6′7	7′2	7′4	8′1	6′1
1914-1915	7′3	7′0	4′7	5′2	4′3	4′2	7′0	6′9	4′7	9′9	5′2	4′1	5′8
1915-1916	4′7	6′2	7′7	8′1	8′3	8′3	6′1	4′6	6′2	9′2	1′6	2′5	6′1
1916-1917	6′9	4′6	2′8	4′4	4′2	3′9	5′2	6′3	3′3	6′1	6′1	4′9	4′8
1917-1918	1′3	2′7	5′1	7′8	5′0	— 5′1	— 3′8	— 4′9	— 7′0	— 4′6	— 2′8	— 8′2	— 4′8
1918-1919	— 7′6	— 4′7			— 0′8	+ 4′3	+ 3′3	+ 4′1	+ 2′7	+ 1′7	+ 1′1	+ 0′9	+ 0′5
1919-1920	+ 3′7	+ 0′1			— 2′1	— 7′5	— 6′9	— 5′8	— 4′8	— 4′7	— 6′6	— 1′0	— 3′6
1920-1921	— 5′4	— 4′3	— 2′2	0′3	1′7	1′0	1′5	0′7	3′6	4′8	4′2	2′2	2′7
1921-1922	1′7	6′9	12′0	14′8	15′7	17′0	15′5	16′7	12′5	9′6	8′4	11′5	11′9
Moy. mens.	7′0	7′2	8′1	8′3	7′8	7′7	7′7	7′4	7′1	7′8	7′2	7′7	7′5

TABLEAU 3. — **Composante horizontale** (Unités C. G. S. 0,22000 +).

ANNÉES	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE	MOYENNE ANNUELLE
1890					939	1062	1070	1050					0,23030
1892							1198	968				1112	0,23092
1894	973												22973
1902					1164	1131	1146	1174	1176	1193	1192	1167	23168
1903	1198	1172	1170	1126	1092	1101	1055	1074	1078	1132	1090	1069	23113
1904	1050	1083	1042	1006	993	985	1007	998	991	996	1028	1019	23016
1905	963	979	964	971	954	946	909	918	919	949	885	923	22940
1906	952	917	879	927	877	863	857	850	876	870	834	822	22860
1907	811	803	785	843	780	821	799	746	766	776	805	804	22794
1908	796	801	755	789	729		741			804	722	720	22761
1909	743	735	703	748	672	743	736	684	659	618	658	612	22692
1910	635	623	617	576	581	592	558	571	598	548	555	571	22585
1911	577	570	555	586	585	564	590	569	560	581	549	572	22571
1912	546	537	540	551	545	545	508	501	449	427	432	456	22503
1913	477	467	477	470	481	487	504	547	515	499	496	482	22492
1914	489	488	497	471	455	484	479	474	473	505	485	511	22484
1915	463	465	452	425	417	428	423	427	396	403	330	367	22417
1916	380	366	357	400	357	360	350	365	348	379	359	381	22366
1917	306	295	283	311	321	306	299	327	330	308	302	286	22306
1918	307	271	224	243	252	242	275	292	253	278	269	225	22260
1919	238	229			192	189	200	247	218	224	242	207	22219
1920	191	195	162	176	173	208	244	173	184	245	117	122	22183
1921	105	074	087	078	050	086	068	105	122	108	093	107	22090
1922	052	087	093	073	049	088	070	051	035	035	028	052	22059

TABLEAU 4. — **Variation mensuelle et annuelle de la composante horizontale** (0,00000 +).

ANNÉES	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE	MOYENNE ANNUELLE
1902-1903 . .					— 71	— 32	— 93	— 77	— 102	— 74	— 103	— 103	— 0,00055
1903-1904 . .	— 150	— 94	— 128	— 120	— 99	— 116	— 48	— 76	— 87	— 136	— 62	— 50	— 0,00097
1904-1905 . .	— 87	— 104	— 78	— 35	— 39	— 39	— 98	— 80	— 72	+ 47	— 143	— 96	— 0,00076
1905-1906 . .	— 11	— 62	— 85	— 44	— 77	— 83	— 52	— 68	— 43	— 79	— 51	— 101	— 0,00080
1906-1907 . .	— 141	— 114	— 94	— 84	— 97	— 42	— 58	— 104	— 110	— 94	— 29	— 18	— 0,00066
1907-1908 . .	— 15	— 2	— 30	— 54	— 51		— 58			+ 28	— 83	— 84	— 0,00033
1908-1909 . .	— 53	— 66	— 52	— 41	— 57		— 5			— 186	— 64	— 108	— 0,00069
1909-1910 . .	— 108	— 112	— 86	— 172	— 91	— 151	— 178	— 113	— 61	— 70	— 103	— 41	— 0,00107
1910-1911 . .	— 58	— 53	— 62	+ 10	+ 4	— 28	+ 32	— 2	— 38	+ 33	— 6	+ 1	— 0,00014
1911-1912 . .	— 31	— 33	— 15	— 35	— 40	— 19	— 82	— 68	— 11	— 154	— 117	— 116	— 0,00068
1912-1913 . .	— 69	— 70	— 63	— 81	— 64	— 58	— 4	+ 46	+ 66	+ 72	+ 64	+ 26	— 0,00011
1913-1914 . .	+ 12	+ 21	— 20	+ 1	— 26	— 3	— 25	— 73	— 42	+ 6	— 11	+ 29	— 0,00008
1914-1915 . .	— 26	— 23	— 45	— 46	— 38	— 56	— 56	— 47	— 77	— 102	— 155	— 144	— 0,00067
1915-1916 . .	— 83	— 99	— 95	— 25	— 60	— 68	— 73	— 62	— 48	— 24	+ 29	+ 14	— 0,00049
1916-1917 . .	— 86	— 71	— 74	— 89	— 36	— 54	— 51	— 38	— 18	— 71	— 57	— 95	— 0,00061
1917-1918 . .	+ 1	— 24	— 59	— 68	— 69	— 64	— 24	— 35	— 77	— 30	— 33	— 61	— 0,00045
1918-1919 . .	— 69	— 42			— 60	— 53	— 75	— 45	— 35	— 54	— 27	— 18	— 0,00048
1919-1920 . .	— 47	— 34			— 21	+ 19	+ 44	— 74	— 34	+ 21	— 125	— 85	— 0,00034
1920-1921 . .	— 86	— 121	— 75	— 98	— 123	— 122	— 176	— 68	— 62	— 137	— 24	— 15	— 0,00092
1921-1922 . .	— 53	+ 13	+ 6	— 5	— 1	+ 2	+ 2	— 54	— 87	— 73	— 65	— 55	— 0,00031
Moy. mens. .	— 61	— 57	— 62	— 58	— 56	— 54	— 54	— 58	— 52	— 54	— 58	— 56	— 0,00056

Tableau 5. — **Inclinaison.**

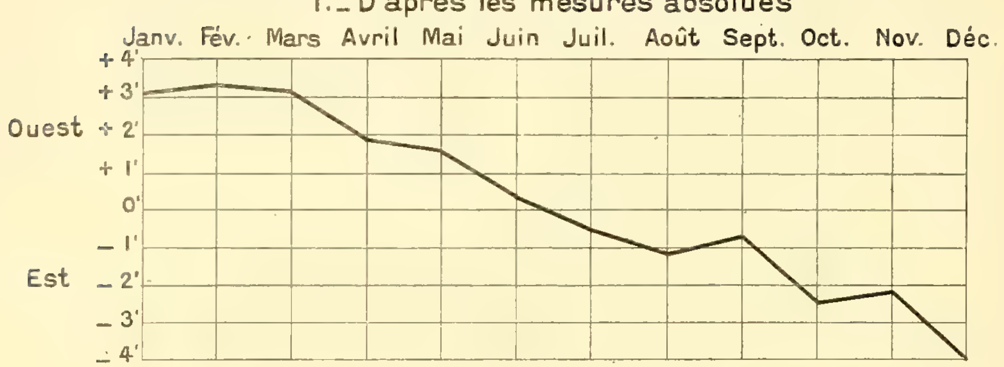
ANNÉES	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE	MOYENNE ANNUELLE
1890					54° 44′ 2	54° 43′ 7	54° 40′ 5	54° 40′ 3			54° 46′ 3		54° 43′ 0
1892							54° 47′ 4	54° 47′ 9				54° 49′ 8	54° 48′ 3
1893				54° 54′ 4				54° 55′ 3			54° 56′ 7		54° 55′ 4
1894	55° 3′ 8	55° 0′ 7											
1902					54° 12′ 6	54° 11′ 6	54° 4′ 9	54° 3′ 1	54° 4′ 9	54° 6′ 9	54° 7′ 6	54° 8′ 4	54° 6′ 8
1903	54° 7′ 0	54° 7′ 3	54° 5′ 8	54° 10′ 9	54° 6′ 8	54° 4′ 0	54° 3′ 5	54° 0′ 3	54° 7′ 7	54° 11′ 6	54° 7′ 9	54° 5′ 5	54° 6′ 5
1904	54° 7′ 0	54° 8′ 8	54° 7′ 6	54° 6′ 4	54° 5′ 4	54° 6′ 3	54° 4′ 4	54° 7′ 4	54° 3′ 9	54° 8′ 6	54° 4′ 2	54° 9′ 0	54° 6′ 6
1905	54° 12′ 4	54° 7′ 9	54° 9′ 9	54° 6′ 4	54° 10′ 6	54° 9′ 7	54° 3′ 8	54° 4′ 8	54° 2′ 5	54° 4′ 3	54° 5′ 0	54° 13′ 4	54° 7′ 6
1906	54° 13′ 6	54° 12′ 2	54° 12′ 8	54° 16′ 4	54° 14′ 0	54° 12′ 4	54° 8′ 5	54° 5′ 1	53° 59′ 0	54° 6′ 2	54° 0′ 8	54° 3′ 9	54° 8′ 7
1907	54° 8′ 3	54° 7′ 5	54° 5′ 0	54° 4′ 7	54° 7′ 1	54° 5′ 3	54° 3′ 5	54° 4′ 3	54° 5′ 9	54° 5′ 3	54° 5′ 5	54° 6′ 0	54° 5′ 7
1908	54° 9′ 9	54° 6′ 2	54° 7′ 1	54° 3′ 8	54° 3′ 6		54° 4′ 0			54° 0′ 6	53° 57′ 7	54° 0′ 2	54° 3′ 9
1909	53° 59′ 2	54° 0′ 4	53° 57′ 5	53° 58′ 7	54° 3′ 0	53° 59′ 4	53° 59′ 2	54° 2′ 5	53° 59′ 5	54° 0′ 9	54° 0′ 3	53° 59′ 5	53° 59′ 8
1910	53° 59′ 8	53° 54′ 8	53° 59′ 6	53° 59′ 7	54° 1′ 8	53° 55′ 5	53° 59′ 7	54° 1′ 4	53° 56′ 7	54° 0′ 0	53° 59′ 0	53° 58′ 4	53° 58′ 9
1911	53° 52′ 4	53° 53′ 5	53° 53′ 6	53° 55′ 9	53° 55′ 1	53° 56′ 2	53° 51′ 4	53° 53′ 1	53° 56′ 8	53° 50′ 7	53° 51′ 0	53° 52′ 4	53° 53′ 5
1912	53° 50′ 3	53° 51′ 6	53° 44′ 0	53° 47′ 3	53° 47′ 1	53° 47′ 1	53° 44′ 1	53° 48′ 1	53° 45′ 4	53° 44′ 2	53° 44′ 3	53° 40′ 5	53° 46′ 2
1913	53° 30′ 6	53° 37′ 2	53° 36′ 2	53° 35′ 2	53° 37′ 9	53° 36′ 8	53° 36′ 1	53° 40′ 6	53° 41′ 7	53° 40′ 3	53° 41′ 6	53° 43′ 3	53° 39′ 0
1914	53° 38′ 5	53° 37′ 5	53° 38′ 7	53° 38′ 5	53° 38′ 0	53° 39′ 5	53° 38′ 8	53° 37′ 6	53° 35′ 4	53° 34′ 9	53° 39′ 7	53° 37′ 8	53° 37′ 9
1915	53° 32′ 4	53° 34′ 7	53° 35′ 4	53° 33′ 7	53° 34′ 2	53° 32′ 8	53° 35′ 2	53° 35′ 0	53° 37′ 8	53° 34′ 9	53° 32′ 4	53° 35′ 2	53° 34′ 4
1916	53° 40′ 1	53° 37′ 9	53° 40′ 3	53° 36′ 5	53° 28′ 8	53° 29′ 1	53° 26′ 1	53° 31′ 3	53° 32′ 8	53° 33′ 2	53° 30′ 6	53° 27′ 0	53° 32′ 8
1917	53° 29′ 0	53° 32′ 8	53° 28′ 3	53° 34′ 1	53° 34′ 6	53° 30′ 5	53° 30′ 8	53° 31′ 5	53° 29′ 2	53° 26′ 4	53° 24′ 1	53° 26′ 4	53° 29′ 8
1918	53° 21′ 6	53° 27′ 9	53° 26′ 7	53° 27′ 4	53° 28′ 5	53° 21′ 4	53° 22′ 2	53° 22′ 7	53° 27′ 0	53° 20′ 2	53° 21′ 3	53° 16′ 5	53° 23′ 6
1919	53° 26′ 8	53° 23′ 0	53° 19′ 4		53° 24′ 6	53° 20′ 9	53° 20′ 4	53° 20′ 9	53° 22′ 5	53° 21′ 4	53° 16′ 1	53° 18′ 5	53° 21′ 3
1920	53° 19′ 9	53° 18′ 9	53° 24′ 1	53° 22′ 8	53° 19′ 9	53° 19′ 7	53° 18′ 9	53° 10′ 8	53° 20′ 5	53° 23′ 0	53° 15′ 4	53° 16′ 2	53° 19′ 2
1921	53° 16′ 1	53° 14′ 4	53° 18′ 1	53° 17′ 9	53° 21′ 9	53° 17′ 5	53° 14′ 7	53° 17′ 5	53° 11′ 1	53° 14′ 6	53° 19′ 1	53° 18′ 4	53° 16′ 8
1922	53° 16′ 9	53° 17′ 8	53° 20′ 0	53° 17′ 1	53° 17′ 2	53° 19′ 4	53° 20′ 0	53° 16′ 2	53° 15′ 2	53° 16′ 7	53° 13′ 8	53° 12′ 2	53° 16′ 9

TABLEAU 6. — **Variation mensuelle et annuelle de l'inclinaison.**

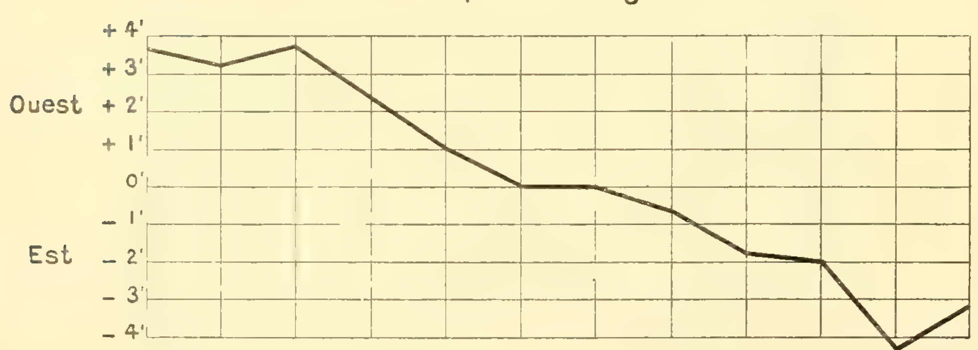
ANNÉES	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE	MOYENNE ANNUELLE
1902-1903 . .					— 5′8	— 7′6	— 1′4	— 2′8	+ 2′7	+ 4′7	+ 0′3	— 2′9	
1903-1904 . .	0′	+ 1′5	+ 1′8	— 4′4	— 1′4	+ 2′2	+ 0′8	+ 7′1	— 3′8	— 3′0	— 3′7	+ 3′5	0′
1904-1905 . .	+ 5′4	— 0′6	+ 2′2	0′	+ 5′2	+ 3′5	— 0′5	— 2′6	— 1′4	— 4′3	+ 0′8	+ 4′4	+ 1′0
1905-1906 . .	+ 1′2	+ 4′2	+ 2′9	+ 9′9	+ 3′4	+ 2′7	+ 4′7	+ 0′3	— 3′4	+ 1′8	— 4′2	— 9′5	+ 1′2
1906-1907 . .	— 5′3	— 4′6	— 7′8	— 11′7	— 6′8	— 7′2	— 5′0	— 0′8	+ 6′9	— 0′9	+ 4′7	+ 2′1	— 3′0
1907-1908 . .	+ 1′6	— 1′3	+ 2′0	— 0′9	— 3′5		+ 0′5			— 4′7	— 7′8	— 5′8	— 1′8
1908-1909 . .	— 10′7	— 5′5	— 9′6	— 5′0	— 0′6		— 4′8			+ 0′3	+ 2′6	— 0′7	— 4′1
1909-1910 . .	+ 0′6	— 5′5	+ 2′1	+ 0′7	— 1′2	— 3′9	+ 0′5	— 1′0	— 2′9	— 0′8	— 1′2	— 1′1	— 1′1
1910-1911 . .	— 7′4	— 1′3	— 6′0	— 3′7	— 6′6	— 0′7	— 8′3	— 8′2	+ 0′1	— 9′3	— 8′0	— 6′0	— 5′3
1911-1912 . .	— 2′0	— 1′9	+ 9′6	— 8′6	— 8′0	— 9′0	— 7′3	— 5′0	— 11′4	— 6′5	— 6′7	— 11′9	— 5′7
1912-1913 . .	— 19′7	— 14′4	— 7′7	— 12′0	— 9′3	— 10′2	— 8′0	— 7′5	— 3′6	— 3′9	— 2′7	+ 2′8	— 8′0
1913-1914 . .	+ 7′9	+ 0′4	+ 2′4	+ 3′2	+ 0′1	+ 2′6	+ 2′7	— 3′0	— 6′8	— 7′2	— 2′0	— 5′5	— 0′4
1914-1915 . .	— 6′1	— 2′8	— 3′3	— 4′8	— 3′8	— 6′7	— 3′6	— 2′6	+ 2′4	0	— 7′3	— 2′6	— 3′4
1915-1916 . .	+ 7′7	+ 3′2	+ 4′9	+ 2′8	— 5′4	— 3′7	— 9′1	— 3′7	— 6′2	+ 0,8	— 1′8	— 8′2	— 1′5
1916-1917 . .	— 11′1	— 5′1	— 12′0	— 2′4	+ 5′8	+ 1′4	+ 3′7	+ 0′5	— 3′3	— 6′1	— 6′5	— 0′6	— 1′3
1917-1918 . .	— 7′4	— 4′9	— 1′6	— 6′7	— 6′1	— 9′1	— 8′6	— 8′8	— 2′2	— 6′2	— 2′8	— 9′9	— 6′1
1918-1919 . .	+ 5′2	— 4′9	— 7′3		— 3′9	— 0′5	— 1′8	— 1′8	— 4′5	+ 1′2	— 5′2	+ 2′0	— 1′9
1919-1920 . .	— 9′6	— 4′1	+ 4′7		— 4′7	— 1′2	— 1′5	— 10′1	— 2′0	+ 1′6	— 0′7	— 2′3	— 2′5
1920-1921 . .	— 3′8	— 4′5	— 6′0	— 4′9	+ 2′7	— 2′2	— 4′2	+ 6′7	— 9′4	— 8′4	+ 3′7	+ 2′2	— 2′4
1921-1922 . .	+ 0′8	+ 3′4	+ 1′9	— 0′8	— 4′8	+ 1′9	+ 5′3	— 1′3	+ 4′1	+ 2′1	— 5′3	— 6′2	+ 0′1
Moy. mens. .	— 2′6	— 2′6	— 1′4	— 2′9	— 2′0	— 2′6	— 2′3	— 2′5	— 2′5	— 2′4	— 2′7	— 2′8	— 2′5

Variations mensuelles de la Déclinaison (1905-1906)

1.– D'après les mesures absolues



2.– D'après l'enregistreur



Il ne faut point confondre la variation séculaire d'un élément avec sa variation annuelle. Dans le premier cas, on compare la différence d'une observation ancienne avec une autre récente; puis on tire une moyenne générale d'après le nombre d'années écoulées, sans s'arrêter aux intervalles intermédiaires des années entre elles. Ainsi, la déclinaison moyenne à Tananarive égalait 13° 7′ 4 en 1890, et 8° 4′ 2″ en 1918; la différence de 5° 3′ 2″ pour vingt-huit ans donne une variation séculaire de — 10′ 8.

Par l'énoncé de cette valeur, on ne veut certes pas affirmer que pendant chaque année, la déclinaison a diminué exactement de 10′ 8, mais on indique le terme moyen constaté durant une longue période comprenant dans le cas vingt-huit années. La variation annuelle détermine successivement deux points principaux d'abord, la moyenne particulière de chaque mois de l'année, qui correspond à des positions différentes du soleil sur la sphère céleste par rapport à la terre dans le cours de son orbite; ensuite la moyenne générale des douze mois. La variation annuelle de la déclinaison depuis seize ans consécutifs, de 1902 à 1918, égale — 8′ 2, valeur légèrement plus faible que la variation séculaire; différence — 2′ 6.

Dans les remarques suivantes, nous considérerons seulement les effets de la variation annuelle des trois éléments magnétiques et laisserons de côté la variation séculaire.

a) Déclinaison.

1° *Direction de la boussole de déclinaison suivant les mois.* — Comparons la marche de la boussole en Europe et à Madgascar; de cette manière le lecteur se rendra compte de la différence des forces magnétiques qui se manifestent à 45° de longitude Est de Paris et à 18° 55′ de latitude dans l'hémisphère Sud avec celles que l'on mesure en Europe.

A Tananarive, de février à mai, époque pendant laquelle le soleil descend du zénith vers le pôle boréal, le côté Nord de la boussole avance vers l'Est progressivement et d'une manière insensible. En Europe de janvier à avril le déclinomètre rétrograde vers l'Ouest. Nous retardons

TABLEAU 7. — **Variation horaire pour**

MOIS	0 H.	1 H.	2 H.	3 H.	4 H.	5 H.	6 H.	7 H.	8 H.	9 H.	10 H.
Janvier.	— 0′ 1	0′	+ 0′ 2	0′ 5	0′ 7	1′ 1	2′ 0	3′ 4	4′ 0	2′ 9	1′ 7
Février.	+ 0′ 2	0′ 3	0′ 2	0′ 6	0′ 8	1′ 1	1′ 5	3′ 1	4′ 3	3′ 3	1′ 8
Mars.	0′ 2	0′	0′	0′	0′	+ 0′ 1	0′ 7	2′ 6	5′ 4	6′ 0	4′ 7
Avril.	0′ 4	0′ 3	— 0′ 2	— 0′ 3	— 0′ 2	0′	+ 0′ 4	0′ 8	2′ 5	4′ 1	3′ 7
Mai	— 0′ 5	— 0′ 3	— 0′ 3	— 0′ 1	0′	0′	0′	0′ 2	0′ 7	2′ 5	3′ 5
Juin.	— 0′ 2	— 0′ 3	— 0′ 4	— 0′ 5	— 0′ 3	— 0′ 1	0′	— 0′ 1	0′	1′ 4	2′ 2
Juillet	— 0′ 3	— 0′ 4	— 0′ 4	— 0′ 4	— 0′ 3	— 0′ 3	— 0′ 2	— 0′ 7	— 0′ 3	1′ 0	2′ 3
Août.	— 0′ 3	— 0′ 2	— 0′ 1	— 0′ 1	— 0′ 2	— 0′ 3	— 0′ 2	— 0′ 9	— 0′ 2	1′ 3	2′ 3
Septembre . . .	0′ 5	— 0′ 7	— 0′ 4	— 0′ 3	— 0′ 5	— 0′ 4	— 0′ 6	— 0′ 8	+ 0′ 9	3′ 2	4′ 9
Octobre	— 0′ 2	— 0′ 2	— 0′ 3	0′	0′	0′	+ 0′ 4	1′ 8	3′ 3	4′ 1	4′ 5
Novembre . . .	0′ 3	+ 0′ 4	0′ 3	0′ 6	0′ 9	1′ 1	2′ 1	3′ 7	4′ 2	3′ 7	1′ 7
Décembre . . .	+ 0′ 3	— 0′ 1	— 0′ 1	0′	+ 0′ 2	0′ 7	1′ 5	2′ 0	2′ 8	2′ 2	1′ 7
Moyenne. . . .	— 0′ 1	— 0′ 1	— 0′ 1	0′	0′	+ 0′ 2	+ 0′ 6	1′ 2	2′ 3	2′ 9	2′ 9

TABLEAU 8. — **Variation horaire pour**

MOIS	0 H.	1 H.	2 H.	3 H.	4 H.	5 H.	6 H.	7 H.	8 H.	9 H.	10 H.
Janvier.	— 0′ 3	0′	+ 0′ 2	0′ 6	1′ 0	1′ 3	2′ 0	2′ 3	2′ 9	2′ 6	1′ 7
Février.	— 0′ 1	+ 0′ 1	0′ 3	0′ 4	0′ 9	1′ 2	2′ 1	3′ 7	4′ 5	3′ 6	1′ 6
Mars.	— 0′ 1	— 0′ 3	— 0′ 2	0′	0′	+ 0′ 3	0′ 7	2′ 3	4′ 8	4′ 6	3′ 6
Avril.	— 0′ 6	— 0′ 5	— 0′ 3	— 0′ 2	0′	+ 0′ 3	0′ 4	1′ 0	3′ 2	4′ 4	4′ 5
Mai	— 0′ 5	— 0′ 4	— 0′ 5	— 0′ 1	— 0′ 1	— 0′ 1	— 0′ 3	— 0′ 6	+ 0′ 8	2′ 8	3′ 5
Juin.	— 0′ 1	— 0′ 2	— 0′ 2	— 0′ 3	— 0′ 2	— 0′ 1	— 0′ 3	— 0′ 1	0′	1′ 1	2′ 2
Juillet	— 0′ 3	— 0′ 3	— 0′ 4	— 0′ 3	— 0′ 5	— 0′ 6	— 0′ 3	— 1′ 7	— 0′ 6	+ 0′ 6	2′ 1
Août.	— 0′ 3	— 0′ 3	— 0′ 2	— 0′ 3	— 0′ 3	— 0′ 4	— 0′ 8	— 1′ 7	— 0′ 5	1′ 2	2′ 9
Septembre . . .	— 0′ 3	— 0′ 3	— 0′ 3	— 0′ 3	— 0′ 2	0′	— 0′ 4	— 0′ 1	+ 0′ 3	2′ 1	4′ 1
Octobre	— 0′ 3	— 0′ 2	— 0′ 1	0′	0′	+ 0′ 1	0′ 2	0′ 9	2′ 2	2′ 6	3′ 1
Novembre . . .	— 0′ 6	— 0′ 4	— 0′ 3	— 0′ 3	— 0′ 2	+ 0′ 2	0′ 6	1′ 9	3′ 9	3′ 1	1′ 9
Décembre . . .	— 0′ 3	— 0′ 4	— 0′ 2	0	+ 0′ 4	0′ 9	1′ 5	2′ 2	4′ 1	3′ 5	2′ 9
Moyenne. . . .	— 0′ 3	— 0′ 2	— 0′ 1	0′	0′	+ 0′ 2	0′ 4	0′ 8	2′ 1	2′ 6	2′ 6

TABLEAU 9. — **Variation horaire moyenne déduite**

MOIS	0 H.	1 H.	2 H.	3 H.	4 H.	5 H.	6 H.	7 H.	8 H.	9 H.	10 H.
Janvier.	— 0′ 2	0′	+ 0′ 2	0′ 5	0′ 8	1′ 2	2′ 0	2′ 8	3′ 4	2′ 7	1′ 7
Février.	0′	+ 0′ 2	0′ 2	0′ 5	0′ 6	1′ 1	1′ 8	3′ 4	4′ 4	3′ 4	1′ 7
Mars.	— 0′ 1	— 0′ 1	— 0′ 1	0′	0′	+ 0′ 2	0′ 7	2′ 4	5′ 1	5′ 3	4′ 1
Avril.	— 0′ 5	— 0′ 4	— 0′ 2	— 0′ 2	— 0′ 1	+ 0′ 1	0′ 4	0′ 9	2′ 8	4′ 2	4′ 1
Mai	— 0′ 5	— 0′ 3	— 0′ 4	— 0′ 1	0′	0′	— 0′ 1	— 0′ 4	+ 0′ 7	2′ 6	3′ 5
Juin.	— 0′ 1	— 0′ 2	— 0′ 3	— 0′ 4	— 0′ 3	— 0′ 1	— 0′ 1	— 0′ 1	0′	1′ 2	2′ 2
Juillet	— 0′ 3	— 0′ 3	— 0′ 4	— 0′ 4	— 0′ 4	— 0′ 4	— 0′ 5	— 1′ 5	— 0′ 4	+ 0′ 8	2′ 2
Août.	— 0′ 3	— 0′ 2	— 0′ 1	— 0′ 2	— 0′ 2	— 0′ 3	— 0′ 5	— 1′ 3	— 0′ 3	— 1′ 2	2′ 6
Septembre . . .	— 0′ 4	— 0′ 5	— 0′ 4	— 0′ 3	— 0′ 3	— 0′ 2	— 0′ 5	— 0′ 4	+ 0′ 6	2′ 6	4′ 5
Octobre	— 0′ 2	— 0′ 2	— 0′ 2	0′	0′	0′	+ 0′ 3	1′ 3	2′ 7	3′ 3	3′ 6
Novembre . . .	— 0′ 3	0′	0	+ 0′ 1	0′ 3	0′ 6	1′ 4	2′ 3	4′ 0	3′ 4	1′ 8
Décembre . . .	0′	— 0′ 2	— 0′ 1	0′	+ 0′ 3	0′ 8	1′ 5	2′ 1	3′ 4	2′ 6	2′ 1
Moyenne. . . .	— 0′ 2	— 0′ 1	— 0′ 1	0′	0′	+ 0′ 2	0′ 5	1′ 0	2′ 2	2′ 7	2′ 8

chaque mois de 1905. Déclinomètre.

11 h.	12 h.	13 h.	14 h.	15 h.	16 h.	17 h.	18 h.	19 h.	20 h.	21 h.	22 h.	23 h.
0′3	— 1′2	— 2′4	— 2′4	— 2′7	— 2′3	— 1′5	— 0′8	— 0′5	— 0′5	— 0′7	— 0′4	— 0′4
1′0	— 1′3	— 2′6	— 3′4	— 3′4	— 2′8	— 1′5	— 0′5	— 0′4	— 0′3	— 0′3	— 0′2	— 0′2
1′7	— 0′6	— 2′7	— 3′9	— 3′9	— 3′0	— 1′9	— 1′0	— 0′7	— 0′8	— 0′7	— 0′7	— 0′6
1′7	— 0′6	— 1′6	— 2′0	— 2′0	— 1′6	— 0′9	— 0′3	— 0′3	— 0′3	— 0′4	— 0′3	— 0′4
2′4	1′1	— 0′1	— 1′4	— 2′0	— 1′7	— 0′8	— 0′2	0′	— 0′1	— 0′1	— 0′3	— 0′4
2′2	1′7	+ 0′4	— 1′0	— 1′9	— 1′7	— 0′6	— 0′1	— 0′2	— 0′1	0	— 0′1	— 0′3
2′1	1′9	+ 0′5	— 1′0	— 2′0	— 1′6	— 0′4	+ 0′2	0′3	0′2	0′2	0′1	0′
3′0	2′6	1′5	— 0′8	— 2′8	— 2′9	— 1′4	— 0′1	+ 0′1	0	0′	— 0′1	— 0′2
4′7	3′0	1′1	— 1′3	— 2′7	— 3′0	— 2′1	— 0′9	— 0′7	— 0′6	— 0′5	— 0′7	— 0′9
3′8	1′0	— 2′0	— 3′9	— 3′6	— 2′4	— 0′8	— 0′5	— 0′7	— 0′7	— 0′7	— 0′6	— 0′4
0′	— 1′5	— 2′8	— 3′6	— 3′1	— 1′9	— 0′9	— 0′1	0′	0′	— 0′2	— 0′2	0′
0′7	— 0′4	— 1′5	— 1′8	— 1′6	— 1′1	— 0′8	— 0′2	— 0′2	— 0′4	— 0′4	— 0′1	0′
1′9	0′5	— 1′0	— 2′2	— 2′6	— 2′1	— 1′1	— 0′3	— 0′2	— 0′3	— 0′3	— 0′3	— 0′3

chaque mois de 1906. Déclinomètre.

11 h.	12 h.	13 h.	14 h.	15 h.	16 h.	17 h.	18 h.	19 h.	20 h.	21 h.	22 h.	23 h.
+ 0′5	— 1′1	— 1′7	— 1′8	— 1′7	— 1′5	— 0′7	— 0′1	— 0′2	— 0′3	— 0′3	— 0′3	— 0′2
— 0′4	— 2′3	— 3′2	— 3′6	— 2′9	— 1′6	— 0′8	— 0′4	— 0′3	— 0′3	— 0′3	— 0′2	— 0′2
1′2	— 0′9	— 2′6	— 3′3	— 3′1	— 2′3	— 1′5	— 0′7	— 0′6	— 0′5	— 0′5	— 0′5	— 0′4
2′2	— 0′2	— 1′8	— 2′9	— 2′9	— 2′3	— 1′3	— 0′5	— 0′5	— 0′5	— 0′4	— 0′3	— 0′1
2′6	1′9	— 0′6	— 1′4	— 2′2	— 2′2	— 1′0	— 0′3	— 0′1	0′	— 0′4	— 0′4	— 0′5
2′1	1′2	+ 0′1	— 1′3	— 2′1	— 1′7	— 0′5	+ 0′3	0′4	0′3	+ 0′2	0′	— 0′1
2′4	2′1	1′0	— 0′4	— 1′0	— 1′6	— 0′6	+ 0′3	0′4	0′3	+ 0′2	0′	0′
3′6	3′2	1′5	— 0′6	— 2′5	— 2′7	— 1′7	— 0′2	0′	0′	— 0′2	— 0′3	— 0′4
4′2	3′2	1′5	— 1′0	— 2′4	— 2′8	— 2′4	— 0′7	— 0′5	— 0′6	— 0′4	— 0′4	— 0′5
2′8	1′2	1′4	— 3′1	— 2′8	— 1′8	— 0′5	— 0′1	— 0′2	— 0′5	— 0′6	— 0′6	— 0′6
+ 0′2	— 0′7	— 1′9	— 2′5	— 2′0	— 1′0	0′	+ 0′3	0′	— 0′3	— 0′5	— 0′6	— 0′5
1′0	— 0′6	— 2′3	— 2′6	— 2′2	— 1′6	— 0′8	— 0′2	— 0′3	— 0′5	— 0′7	— 0′7	— 0′6
1′8	+ 0′5	— 0′9	— 2′0	— 2′3	— 1′8	— 0′9	— 0′1	— 0′1	— 0′2	— 0′3	— 0′3	— 0′3

des deux tableaux précédents. Déclinomètre.

11 h.	12 h.	13 h.	14 h.	15 h.	16 h.	17 h.	18 h.	19 h.	20 h.	21 h.	22 h.	23 h.
+ 0′4	— 1′1	— 2′0	— 2′1	— 2′2	— 1′9	— 1′1	— 0′4	— 0′3	— 0′4	— 0′5	— 0′3	— 0′3
+ 0′3	— 1′8	— 2′9	— 3′5	— 3′1	— 2′2	— 1′1	— 0′4	— 0′3	— 0′3	— 0′3	— 0′2	— 0′1
1′4	— 0′7	— 2′6	— 3′6	— 3′5	— 2′7	— 1′7	— 0′8	— 0′6	— 0′6	— 0′6	— 0′6	— 0′5
1′9	— 0′4	— 1′7	— 2′4	— 2′4	— 1′9	— 1′1	— 0′4	— 0′4	— 0′4	— 0′4	— 0′3	— 0′2
2′5	1′3	— 0′3	— 1′4	— 2′1	— 1′9	— 0′9	— 0′2	0′	0′	— 0′2	— 0′3	— 0′4
2′1	1′4	+ 0′2	— 1′1	— 2′0	— 1′7	— 0′5	+ 0′1	+ 0′1	0′1	0′1	0′	— 0′2
2′2	2′0	+ 0′7	— 0′7	— 1′6	— 1′6	— 0′5	+ 0′2	0′3	0′2	0′2	0′	0′
3′3	2′9	1′5	— 0′7	— 2′6	— 2′6	— 1′5	— 0′1	0′	0′	— 0′1	— 0′2	— 0′3
3′4	3′4	— 1′3	— 1′5	— 2′5	— 2′9	— 2′2	— 0″8	— 0′6	— 0′6	— 0′4	— 0′5	— 0′7
3′3	1′1	— 1′7	— 3′5	— 3′2	— 2′1	— 0′6	— 0′3	— 0′4	— 0′6	— 0′6	— 0′6	— 0′5
+ 0′1	— 1′1	— 2′3	— 3′0	— 2′5	— 1′4	— 0′4	+ 0′1	0′	— 0′1	— 0′3	— 0′4	— 0′2
+ 0′6	— 0′5	— 1′9	— 2′2	— 1′9	— 1′3	— 0′8	— 0′2	— 0′2	— 0′4	— 0′5	— 0′4	— 0′3
1′8	+ 0′5	— 0′9	— 2′1	— 2′4	— 1′9	— 1′0	— 0′2	— 0′1	— 0′2	— 0′3	— 0′3	— 0′3

par conséquent d'un mois sur l'Europe, et de plus, la marche de l'aiguille aimantée a une direction opposée à cette époque, dans les deux contrées.

Ici, de mai à septembre, la boussole se dirige vers l'Ouest suivant un arc presque égal au premier; elle atteint le minimum en septembre.

Le soleil après le solstice de juin, revient alors vers notre zénith. En Europe, le pôle Nord du déclinomètre avance vers l'Est d'avril à juillet. A partir de juillet jusqu'en mars, il rétrograde vers l'Ouest.

En conséquence pendant les deux mois de mai et juin, l'aiguille aimantée prend encore une direction inverse dans les deux régions.

A Madagascar, de septembre à octobre, période de l'équinoxe pendant laquelle le soleil avoisinant l'équateur rejoint notre hémisphère austral, la boussole remonte brusquement vers l'Est et atteint alors la plus forte baisse. La direction de l'aiguille aimantée est opposée de nouveau à celle de l'Europe, durant ce mois.

D'octobre à février, le soleil traverse le zénith de Madagascar et de Tananarive par deux fois; nouvelle et légère régression de la boussole vers l'Ouest jusqu'en décembre, puis état stationnaire en janvier, léger minimum secondaire en février. Pendant cette période la direction de la boussole concorde soit à Madagascar soit en Europe. Un second maximum secondaire se présente ici en mai ayant la même direction vers l'Est qu'en octobre. La concordance avec l'Europe se manifeste à ces deux époques seulement.

2° *Mois et années normaux ou anormaux.* — Les mois de janvier, mars, avril, juin, juillet, août, novembre et décembre, donnent une valeur qui avoisine celle de la moyenne annuelle 8′ 2. Par contre, février, mai, septembre, octobre s'en écartent.

Nous appelons années normales, celles dont la variation se rapproche de la moyenne générale 8′ 2. Parmi elles on peut ranger 1902-1903, 1904, 1905-1906, 1907-1908, 1908-1909, 1912-1913.

Les autres années 1904-1905, 1906-1907, 1909, 1910, 1910-1911, 1911-1912, 1913-1914, 1914-1915, 1915-1916, 1916-1917, 1917-1918, sont anormales parce qu'elles s'écartent de la valeur moyenne.

Si nous considérons la marche de la variation annuelle de la décli-

naison, depuis 1902 jusqu'à 1918, nous constatons que la déclinaison a augmenté de 1902-1903 à 1904 à 1905, puis diminué brusquement en 1905 à 1906; elle s'est accrue de nouveau en 1906-1907, a éprouvé une baisse subite en 1907-1908; ensuite, ascension progressive et maximum atteint en 1910-1911; depuis cete époque elle a diminué jusqu'à 1914-1915, remonté légèrement en 1914-1916, descendu de nouveau en 1916-1917, est devenue enfin stationnaire en 1917-1918.

D'une manière générale la variation de la déclinaison a augmenté pendant neuf ans; depuis 1910-1911 jusqu'en 1917-1918, elle diminue.

Les deux maximums secondaires de 1904-1905, 1906-1907, coïncident avec une période de taches solaires en 1905 et 1907. Durant ces deux années, le maximum de déclinaison 9° 51′ 7 survint en mai 1905 et 9° 34′ 4 en mars 1907. Le minimum 9° 34′ 5 eut lieu en décembre 1905 et 9° 21′ 9 en novembre 1907. Pendant les années de faible activité solaire, 1902, 1912, le maximum 10° 10′ 7 se manifeste en mai 1902, et 8° 34′ 5 en février 1912. Le minimum durant cette même époque, 9° 43′ 5 se produisit en décembre 1902, et 8° 35′ 7 en novembre 1912.

Par une anomalie assez frappante, le maximum principal de 1910-1911 correspond à un minimum d'activité solaire pendant ces deux années.

Les quatre minimums secondaires de 1902-1903, 1905-1906, 1907-1908, 1914-1915, correspondent à une période minimum secondaire de taches en 1902, 1906, 1908.

Le minimum principal des années 1916-1917, 1917-1918 descend rapidement à 4′ 8; ce fait démontre que la ligne sans changements parallèle à la côte orientale et peu éloignée se rapproche vers nous. Cette coïncidence entre l'activité solaire et les variations de la boussole, démontre que, pour établir la connexion entre les années maximum de taches et les maximums de déclinaison, on peut s'appuyer aussi bien sur les différences mensuelles entre années voisines que sur l'oscillation diurne de la déclinaison, d'après la moyenne annuelle.

TABLEAU 10. — **Valeurs moyennes mensuelles du bifilaire. — Année 1905.**

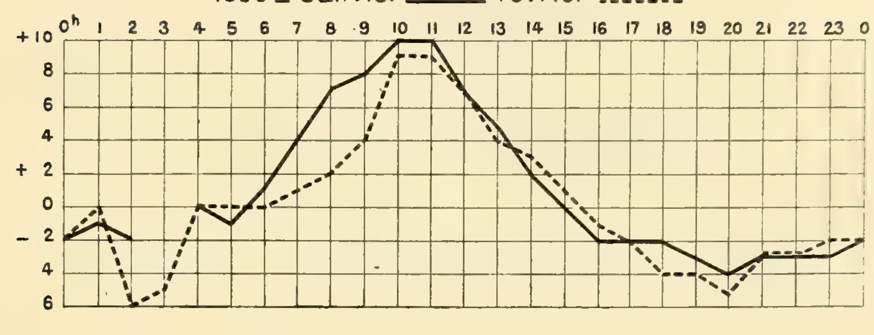
JOURS	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE
1	0,22978	0,22972	0,22993	»	Instrument en réparation.	»	»	0,22885	0,22915	0,22940	0,22943	0,22959
2	975	82	69	»		»	»	828	42	941	46	934
3	970	74	63	»		0,22813	»	904	27	929	48	956
4	971	66	68	»		842	0,22880	877	21	890	21	881
5	943	67	61	»		852	859	889	36	848	66	934
6	921	71	60	0,22941		»	841	889	59	839	12	19
7	944	66	56	29		850	870	885	50	850	17	14
8	959	60	53	26		849	877	910	30	881	36	41
9	983	61	29	28		»	878	927	49	899	933	49
10	982	64	14	»		»	910	940	32	914	894	»
11	988	65	49	»		»	924	958	50	933	912	957
12	997	75	45	»		974	937	948	76	925	840	893
13	23006	83	38	»		2990	921	914	53	939	838	919
14	22996	87	46	»		3006	935	906	52	967	838	971
15	988	82	48	»		2995	934	922	37	979	822	938
16	86	91	66	»		990	»	916	25	967	783	909
17	78	95	67	67		979	»	925	»	965	808	892
18	79	85	63	68		973	952	903	891	928	796	899
19	77	80	70	62		966	902	913	941	939	802	870
20	72	68	66	»		940	893	914	938	939	837	851
21	68	64	72			917	888	906	896	936	836	907
22	56	63	79			899	890	922	876	942	842	903
23	51	54	80			894	893	924	851	952	861	904
24	46	43	71			913	860	914	866	967	853	893
25	37	51	58			926	915	910	874	2980	848	877
26	30	47	»			923	925	931	838	3001	869	958
27	30	67	»			923	897	953	892	2956	890	933
28	42	85	79			934	903	951	925	967	936	946
29	48		69			900	913	940	951	965	953	925
30	57		59			908	902	961	950	934	958	994
31	65		»				895	969		951		925
Moyenne. . .	0,22965	0,22970	0,22960	0,22945		0,22923	0,22899	0,22917	0,22922	0,22934	0,22881	0,22921
Écart[1] . . .	+ 0,00035	+ 0,00040	+ 0,00030	+ 0,00015		— 0,00007	— 0,00031	— 0,00013	— 0,00008	+ 0,00004	— 0,00049	— 0,00009

Moyenne générale : 0,22930

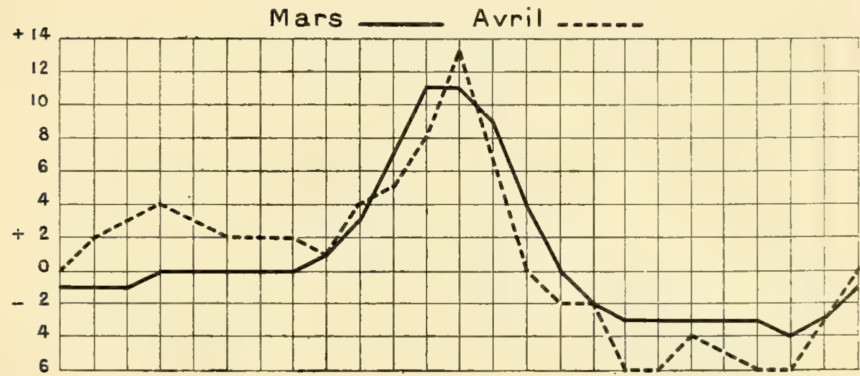
1. Écart avec la moyenne générale.

Variation horaire du bifilaire

1905 _ Janvier ——— Février -------



Mars ——— Avril ------



Juin ——— Juillet ------



1906 _ Janvier ——— Février ------

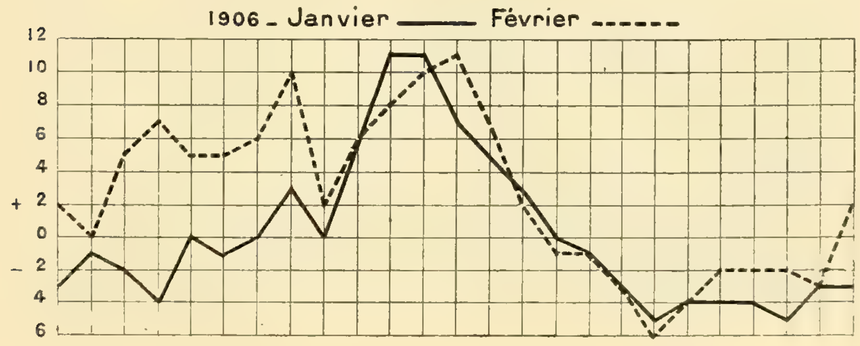
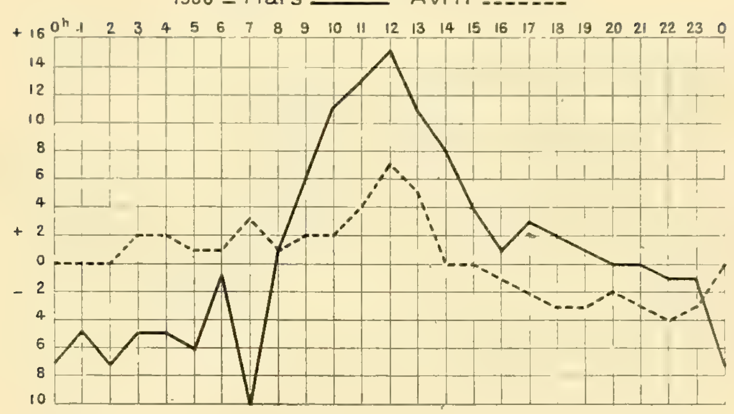
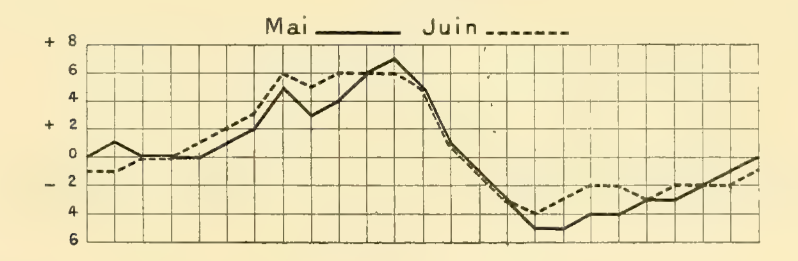


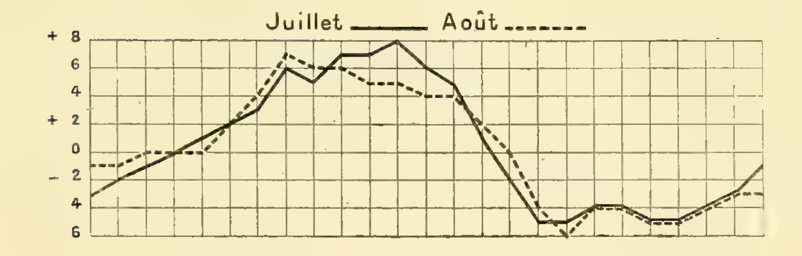
TABLEAU 11. — Valeurs moyennes mensuelles du bifilaire. — Année 1906.

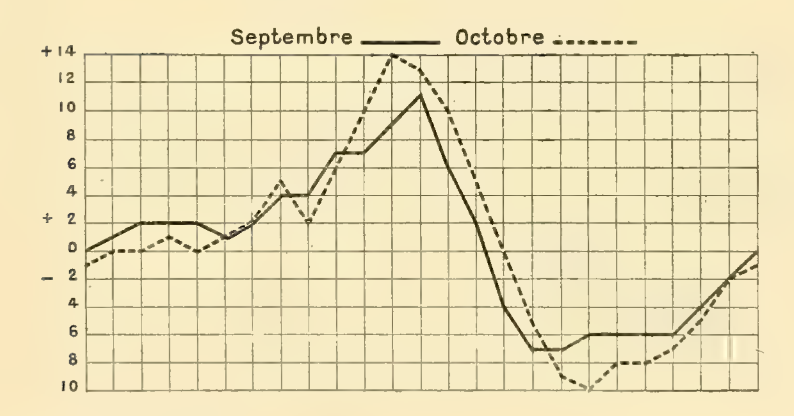
JOURS	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE
1	0,22953	0,22927	0,22901	0,22865	0,22887	0,22911	0,22874	0,22852	0,22826	0,22847	0,22846	0,22834
2	»	882	»	862	885	881	874	852	821	859	812	830
3	903	894	763	854	881	874	875	850	824	864	825	815
4	932	920	739	856	879	870	885	848	813	868	839	810
5	969	918	»	901	891	862	891	850	809	873	828	849
6	935	897	770	897	905	847	897	851	818	868	838	836
7	954	922	792	871	921	836	891	842	811	865	848	837
8	945	908	838	873	921	822	876	814	825	873	861	814
9	922	901	855	861	910	855	865	812	843	871	859	778
10	931	907	872	932	921	858	822	806	854	864	854	760
11	929	916	864	922	913	863	818	811	868	865	839	813
12	943	939	871	927	913	851	800	814	862	830	825	810
13	925	943	869	933	908	855	808	812	863	822	827	804
14	917	941	889	932	909	865	816	819	869	824	898	807
15	891	946	867	930	878	860	826	829	857	833	884	820
16	910	944	857	932	874	867	839	833	863	852	865	813
17	893	965	845	936	874	861	854	838	865	864	880	775
18	871	958	837	941	866	867	855	842	865	887	892	775
19	870	916	858	943	866	866	868	861	875	878	898	783
20	884	938	863	942	858	866	884	864	897	885	804	793
21	907	958	853	946	859	865	884	876	918	905	811	803
22	946	944	856	947	861	871	878	890	894	890	791	783
23	945	914	871	931	857	877	880	903	843	884	810	781
24	964	877	861	920	857	875	871	915	869	895	824	796
25	2992	883	866	917	854	875	866	900	877	910	838	800
26	3003	911	858	911	858	873	849	892	883	896	844	813
27	3015	907	861	897	864	869	830	874	876	884	851	821
28	2950	892	»	894	858	868	834	859	862	872	847	826
29	956		877	885	867	869	840	838	856	865	851	826
30	941		884	889	878	873	843	836	844	857	840	823
31	999		858		893		843	823		848		815
Moyenne. . .	0,22936	0,22920	0,22863	0,22908	0,22882	0,22865	0,22857	0,22848	0,22854	0,22867	0,22844	0,22806
Écart	+ 0,00066	+ 0,00050	— 0,00007	+ 0,00038	+ 0,00012	— 0,00005	— 0,00013	— 0,00022	— 0,00016	— 0,00003	— 0,00026	— 0,00064

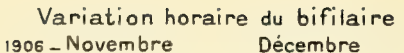
Moyenne générale : 0,22870

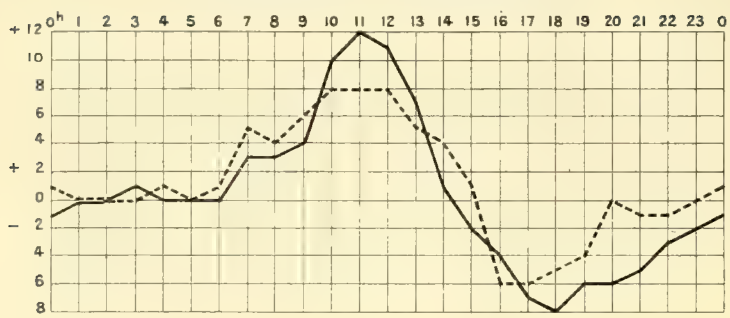

Variation horaire du bifilaire
1906 — Mars —— Avril -------
+16 14 12 10 8 6 4 +2 0 −2 4 6 8 10
0h 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 0


Mai —— Juin -------
+8 6 4 +2 0 −2 4 6

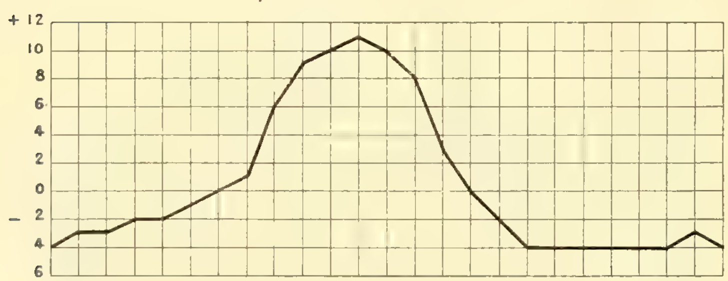

Juillet —— Août -------
+8 6 4 +2 0 −2 4 6


Septembre —— Octobre -------
+14 12 10 8 6 4 +2 0 −2 4 6 8 10

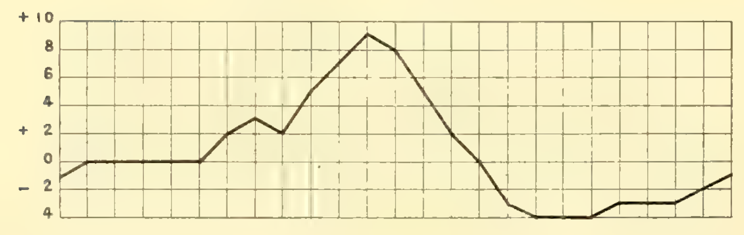




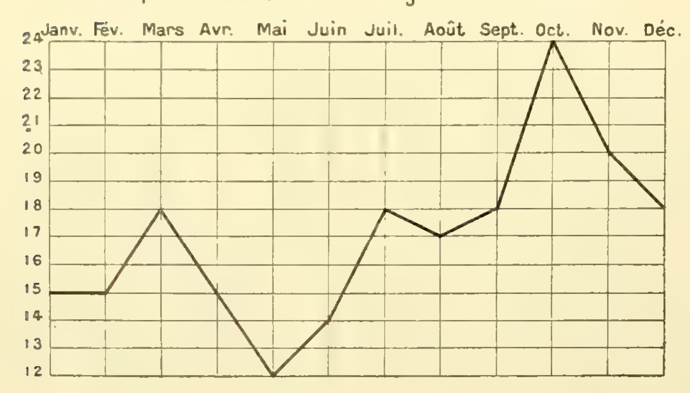
Composante horizontale 1905



Composante horizontale 1906

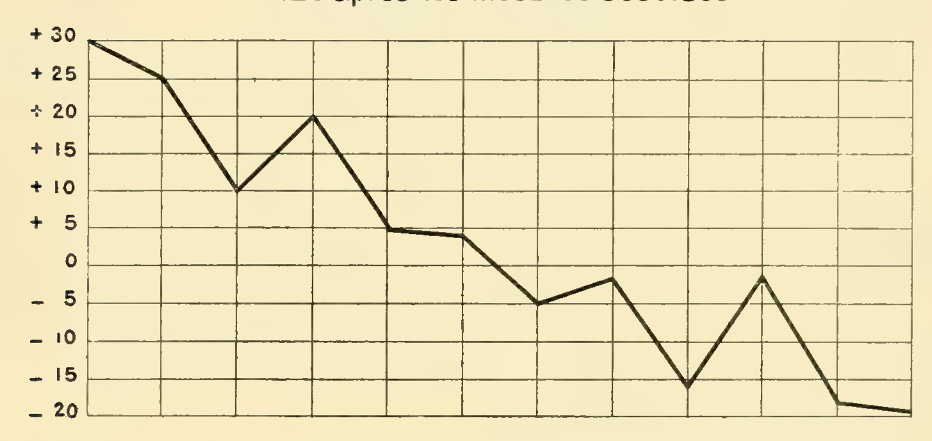


Amplitude du bifilaire (moyenne de 1905-1906)

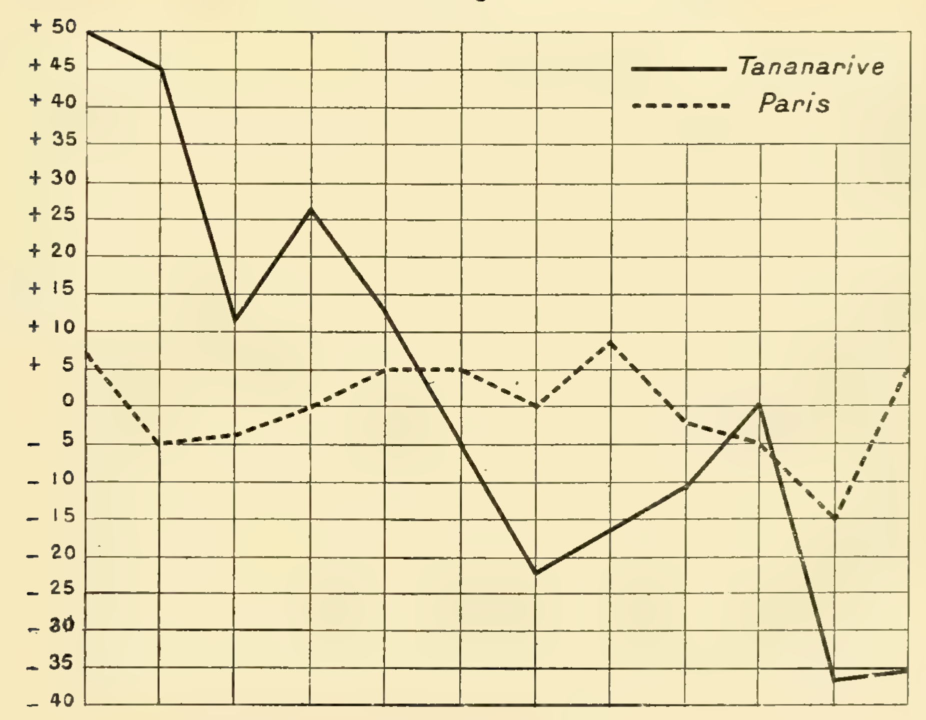


Variations mensuelles de la Composante horizontale (1905-1906)

1. _ D'après les mesures absolues



2. _ D'après l'enregistreur bifilaire



b) Composante horizontale.

Il n'est pas possible d'établir la variation séculaire de la composante horizontale d'après nos observations de 1890 et 1892, pour deux motifs principaux : ces expériences ont été exécutées en un point de l'observatoire distinct du pilier magnétique actuel; ensuite, faute d'observations comparatives avec ce dernier emplacement, elles ne peuvent subir aucune réduction. En conséquence nos remarques s'appuieront uniquement sur les moyennes mensuelles et annuelles de 1902 à 1918.

En novembre 1920, à l'occasion de comparaisons instrumentales établies avec M. Brown, du Department of Terrestrial Magnetism, Washington, nous avons relevé une différence de 0,01035 unités C. G. S., à 10 m. 62 Ouest du pilier magnétique actuel.

Comme nous l'avons fait précédemment, nous comparerons les résultats mensuels de la composante horizontale entre Paris et Tananarive.

1° *Direction de la composante horizontale suivant les mois.* — A Paris on observe un minimum secondaire en février, à Tananarive en mars. A l'époque des équinoxes de mars et de septembre, la moyenne mensuelle de la première station est inférieure à la moyenne annuelle, dans la seconde station elle la surpasse. De mars à juin, mois de solstice, la valeur de l'intensité augmente sous les hautes latitudes; elle diminue sous les latitudes tropicales. D'août à novembre, cet élément décroît en Europe et atteint un minimum principal; ici il décroît également. La moyenne annuelle de Paris coïncide avec la moyenne d'avril et de juillet, à Tananarive, avec la moyenne de mai et d'août; par conséquent un mois plus tard.

2° *Mois et années normaux et anormaux.* — Les mois qui se rapprochent de la valeur moyenne 0,00056 sont les suivants : avril, mai, août et septembre, le minimum 0,00050 a lieu au solstice de juin, et le maximum 0,00064 à l'équinoxe de mars. Lorsque le soleil s'approche et passe au zénith de Tananarive, en novembre, une légère augmentation apparaît : 0,00057, elle s'accentue lorsque cet astre parvient au solstice austral, 0,00061, durant la troisième décade de décembre; très légère baisse,

0,00060 vers la fin de janvier, époque où le soleil traverse une seconde fois notre zénith.

Parmi les années normales signalons 1902-1903, 1915-1916; les autres sont anormales.

Pendant les années de fréquence des taches solaires, on a obtenu une valeur de composante maximum 0,22973 en février 1905, et 0,22843 en avril 1907.

Durant les périodes de calme de l'activité solaire, le maximum 0,23194 eut lieu en novembre 1902, et 0,22551 en avril; le minimum 0,22131 en juin 1902, et 0,22427 en octobre 1912.

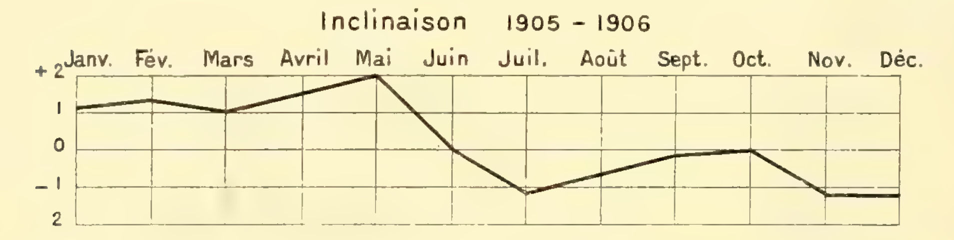
Si l'on représente sur un graphique la variation de la valeur moyenne obtenue d'année en année depuis 1902 jusqu'en 1918, on constate les effets suivants. En 1902-1903 minimum secondaire déjà manifesté pour la déclinaison; ensuite maximum secondaire dès 1903-1904; ce maximum n'est ressenti que l'année suivante dans la déclinaison. D'une manière générale la composante faiblit au cours des années 1904-1905 jusqu'à 1907-1908, époque d'un deuxième minimum secondaire, qui coïncide avec celui de la déclinaison. Elle se relève en 1908-1909, 1909-1910 et atteint alors son maximum principal. La boussole de déclinaison parvient à son maximum l'année suivante 1910-1911, comme nous l'avons déjà dit. Or, durant cette dernière période, la composante tombe brusquement à un troisième minimum. Nouveau maximum secondaire 1911-1912; quatrième baisse durant les années 1912-1913, 1913-1914, qui coïncident avec un minimum d'activité solaire. Autre maximum secondaire en 1914-1915; la déclinaison ne ressent ce maximum que l'année suivante 1915-1916. Enfin, fluctuations peu importantes jusqu'en 1917-1918.

c) Inclinaison.

Par suite du frottement des axes de l'aiguille contre les supports d'agate, de la perte d'aimantation des barreaux après plusieurs années d'usage, de la direction approximative du méridien magnétique, de la moindre erreur de niveau qui par construction affecte la verticalité du

zéro, de l'inégale dilatation cubique des deux axes d'acier différents parfois, l'inclinaison est moins précise que les deux autres éléments et aussi moins sujette aux influences locales provenant d'un léger changement de station; on peut dès lors admettre l'exactitude de la valeur moyenne trouvée en 1890 à l'observatoire : 54° 43′ 0″, et la comparer avec celle de 1918 : 53° 23′ 6. On obtient ainsi une différence de 1° 19′ 4 pour vingt-huit ans, ce qui donne une variation séculaire de 2′ 8. La variation moyenne de seize années consécutives indique 2′ 5, quantité sensiblement égale à 0′ 3 près.

1° *Valeur et marche générale de l'inclinaison suivant les mois.* — L'allure



mensuelle de l'inclinaison pendant l'année est symétriquement opposée à celle de la composante horizontale. Ainsi en mars, maximum principal de l'intensité d'une part; d'autre part minimum principal de l'inclinaison. De mars à juin, baisse du premier élément qui parvient à son minimum principal en juin; hausse du deuxième qui atteint le maximum principal durant ce dernier mois. De juin à septembre hausse lente de l'intensité avec maximum secondaire; au contraire baisse progressive de l'aiguille d'inclinaison jusqu'au minimum secondaire de septembre. En octobre minimum secondaire dans le premier élément; maximum secondaire dans le deuxième. Enfin, d'octobre à décembre, la composante remonte, tandis que l'inclinaison baisse. Ces faits révèlent une relation étroite entre la déclinaison et l'intensité; avec la déclinaison et l'inclinaison, l'union semble moins parfaite. On note pourtant dans les deux dernières forces magnétiques, une coïncidence de minimum en septembre, et de maximum en octobre. Le minimum secondaire de mars résultant de l'inclinaison, retarde d'un mois sur le minimum secondaire de la déclinaison; comme aussi, le maximum

principal du premier élément en juin, retarde d'un mois sur le maximum secondaire de mai, dans le deuxième élément.

2° *Mois et années normaux ou anormaux.* — Parmi les mois qui se rapprochent de la valeur moyenne annuelle 2′ 5, signalons février 2′ 6, avril 2′ 9, mars 2′ 1″, juillet et août 2′ 7, septembre 2′ 5, octobre et novembre 2′ 8. La moyenne des autres mois est ou plus élevée ou plus basse. Le maximum 3′ 1 se présente deux fois l'an, en juin et décembre; le minimum 1′ 3 en mars.

Les années 1906-1907, 1907-1908 doivent être rangées parmi les normales; les autres parmi les anormales.

Aux époques des taches solaires en 1905, la variation annuelle a exceptionnellement augmenté de + 1′ au lieu de diminuer comme d'ordinaire. En 1907 qui a présenté seulement un maximum secondaire, l'inclinaison n'a éprouvé aucune modification. Le maximum 54° 13′ 4 eut lieu en décembre 1905, et 54° 8′ 3 en janvier 1907. Le minimum 54° 2′ 5 en septembre 1905 et 54° 3′ 5 en juillet 1907.

Pendant les périodes de calme de l'activité solaire, 1902 et 1912, on a noté les résultats suivants. En 1902 le maximum 54° 12′ 6, se manifeste en mai; en 1912, 53° 51′ 6 en février. Le minimum de la première époque 54° 3′ 1 eut lieu en août; pendant la deuxième époque, 53° 40′ 5 en décembre.

Dans la description des variations annuelles de l'inclinaison depuis 1902 jusqu'à 1918, nous avons jugé utile d'intercaler les marches des deux autres éléments; le lecteur se rendra compte ainsi de la concordance ou de la discordance des forces magnétiques.

En 1902, période de calme solaire, minimum dans la déclinaison et la composante horizontale, tendance de l'inclinaison à une variation nulle. Dès 1903-1904, la composante éprouve un maximum suivi par la déclinaison en 1904-1905, et par l'inclinaison en 1905-1906. Un phénomène inverse se produit aussi; en 1904-1905, un minimum secondaire dans l'intensité suivi par la déclinaison en 1905-1906, et par l'inclinaison 1906-1907. Durant l'année 1905 remarquable par un maximum de taches solaires, hausse dans la composante et la déclinaison, baisse dans

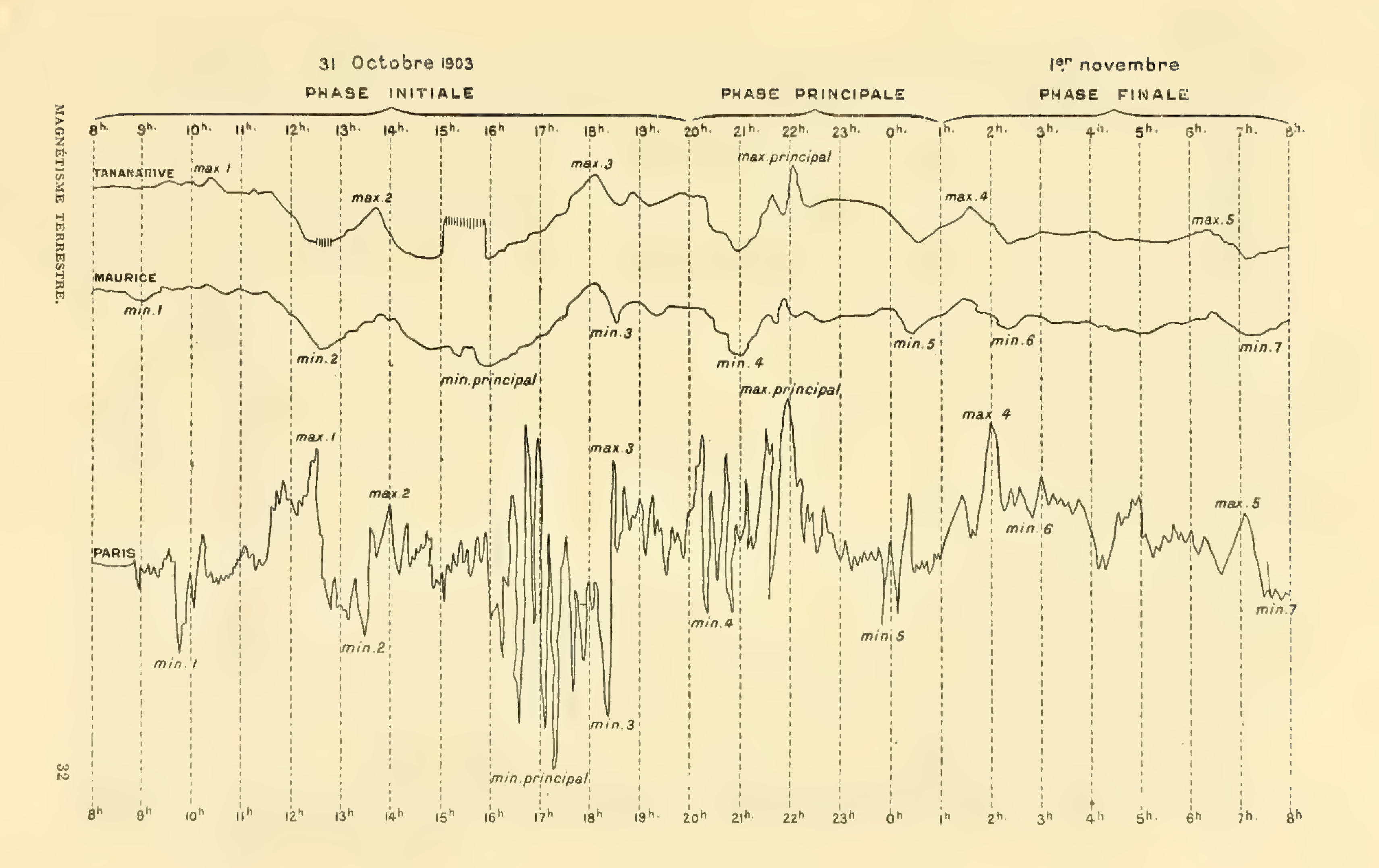
l'inclinaison. La période d'activité solaire de 1907 se traduit par un minimum secondaire dans l'intensité et la déclinaison et un maximum secondaire dans l'inclinaison. A la baisse de la déclinaison en 1907-1908 succède celle de l'inclinaison en 1908-1909. En 1909-1910, maximum simultané dans les trois éléments; il devient principal dans la composante et secondaire dans l'inclinaison; la déclinaison n'atteint le maximum principal qu'en 1910-1911; à cette dernière époque les deux autres éléments subissent une baisse. En 1911-1912, époque de faible activité solaire, la composante manifeste un maximum secondaire; l'inclinaison un minimum secondaire; la déclinaison décroît régulièrement. En 1912-1913, la variation de l'inclinaison augmente très légèrement au contraire, l'intensité diminue et parvient à un minimum en 1913-1914. A cette dernière époque, l'inclinaison passe par un maximum; elle baisse en 1914-1915, tandis que la composante croît. Nouvelle marche contraire en 1915-1916, l'inclinaison et la déclinaison montent, l'intensité baisse. En 1916-1917, diminution rapide de la déclinaison, augmentation des deux autres éléments. En 1917-1918, état stationnaire de la déclinaison, baisse rapide de l'inclinaison et faible décroissance de la composante horizontale.

Perturbations accidentelles.

Après avoir décrit la marche de la boussole en temps calme et pendant une période assez longue, nous allons suivre ses mouvements en temps de perturbations cosmiques et terrestres de courte durée, d'après les seules expériences absolues; nous ne choisirons parmi les exemples, que les principales influences perturbatrices constatées à Madagascar, afin de ne pas trop élargir les bornes de ce travail. Plus loin, dans l'analyse des tracés du magnétographe, nous développerons avec longs détails ces phénomènes exceptionnels.

a) *Perturbation due à des courants telluriques. 31 octobre* 1903. — Comme on le sait, le 31 octobre 1903 fut une journée de perturbation magnétique d'une intensité remarquable dans toute l'Europe.

Elle troubla même les communications téléphoniques et télégraphiques.



31 Octobre 1903
1er novembre
PHASE INITIALE
PHASE PRINCIPALE
PHASE FINALE
TANANARIVE
MAURICE
PARIS
max 1
max. 2
max. 3
max. principal
max. 4
max. 5
min. 1
min. 2
min. principal
min. 3
min. 4
min. 5
min. 6
min. 7

Nous en ressentîmes aussi les effets à Madagascar. Ce jour-là nous avons déterminé les trois éléments, par une heureuse coïncidence; voici quels furent les résultats. La déclinaison observée de 15 h. 30 à 15 h. 44 concorde dans les deux séries, lunette à Est et à Ouest; la première a donné une moyenne de 45° 37′ 0″; la seconde 45° 36′ 45″; moyenne générale 45° 36′ 52″; en retranchant de cette valeur l'azimut de la mire, la déclinaison égalait 9° 38′ 34″ à 14 heures, et huit jours plus tard le 7 novembre : 9° 58′ 34″ à 14 h. 30. La valeur du 31 octobre fut donc plus faible de 20′ que d'ordinaire.

Les expériences de la composante horizontale durèrent depuis 15 h. 44 jusqu'à 16 h. 15. La durée moyenne d'une oscillation de 200 battements de l'aimant fut trouvée égale à 3^s627.

Les 24 octobre et 7 novembre, nous avions relevé 3^s583 et 3^s585. En conséquence pendant ce jour de perturbation, l'oscillation du barreau aimanté eut une durée plus longue qu'en temps ordinaire, ce qui suppose une diminution du moment magnétique. Aux mêmes heures l'angle de déviation, tige à l'Est et tige à l'Ouest, donna sensiblement la même valeur, 15° 52′ 0″ dans le premier cas, 15° 54′ 30″ dans le second; moyenne 15° 53′ 15″. Or, les 24 octobre et 7 novembre, nous obtenions 15° 34′ 7″ et 15° 32′ 22″; différence + 21′ 16″. Le résultat final de la composante, le 31 octobre, fut évalué à 0,22625 unités G. C. S. Les 24 octobre et 7 novembre, nous avions 0,23131 et 0,23138. Différence — 0,00590.

L'inclinaison du 31 octobre donna 54° 44′ 26″ de 17 heures à 17 h. 30. Celle du 24 octobre 54° 21′ 1″ à 16 h. 30; celle du 7 novembre 54° 10′ 16″ à 9 heures. Le résultat de l'inclinaison surpasse d'environ 30′ la valeur normale. Il est intéressant de comparer ces résultats avec ceux de M. Moureaux à Paris. D'après les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* du 2 novembre 1903, page 705, les valeurs moyennes de la déclinaison et de la composante horizontale furent au-dessous de la normale. Même résultat à Tananarive. A Paris, l'inclinaison a été au-dessus de la normale.

Il en fut de même ici. Nous donnons ici, un spécimen du magnétogramme obtenu ce jour-là.

b) *Perturbations dues aux taches solaires. 3 et 4 février* 1905. — Lors du passage au méridien de cette tache solaire visible à l'œil nu et mesurant 175.000 kilomètres environ, nous observâmes la déclinaison et la composante horizontale le 3, l'inclinaison le 4. De 11 h. 40 à 12 h. 43 le barreau aimanté de la boussole indique 9° 47′ 52″ Nord-Ouest. Le 27 janvier et le 10 février nous avions obtenu 9° 53′ 15″ de 11 h. 25 à 11 h. 41, et 9° 50′ 56″ de 11 h. 25 à 11 h. 39. Différence — 4′.

Le résultat de la composante horizontale fut de 0,23001 de 11 h. 43 à 12 h. 14. Les 27 janvier et 10 février, 0,22933 de 11 h. 42 à 12 h. 15, 0,22976 de 11 h. 39 à 12 h. 6. La différence serait de — 0,00047 unités C. G. S.

L'inclinaison fournit la valeur de 54° 7′ 7″, de 11 h. 35 à 12 heures.

Les 28 janvier et 11 février, 54° 16′ 22″ de 11 h. 32 à 11 h. 58, et 54° 7′ 28″ de 11 h. 35 à 12 heures.

D'après ces résultats la déclinaison et la composante horizontale auraient été plus faibles que d'ordinaire. L'inclinaison n'a pas indiqué de changement sensible.

8 *avril* 1905. — Une autre tache solaire apparut environ deux mois plus tard; ses effets furent ressentis ici dans les observations magnétiques absolues.

Le 7, la déclinaison égalait 9° 50′ 26″ de 12 h. 15 à 12 h. 29; ces valeurs prouvent que la déclinaison n'a pas été troublée par la tache solaire.

Le même jour la composante horizontale égalait 0,22939 de 12 h. 15 à 12 h. 29. Les 31 mars et 14 avril, 0,22966 de 12 h. 14 à 12 h. 44 et 0,22974 de 12 h. 29 à 12 h. 58; l'intensité plus faible de 0,00004 environ ne semble pas avoir été affectée.

L'inclinaison observée le 8 avril indiqua 54° 6′ 8″ de 4 h. 45 à 12 h. 15. Les 1er et 15 avril, on avait obtenu 54° 12′ 50″, de 11 h. 40 à 12 h. 15, et 54° 11′ 4″ de 11 h. 43 à 12 h. 10. En se basant sur ce résultat, l'inclinaison a diminué de 6′ environ. Nous conclurons d'après ces deux cas, et plusieurs autres non cités pour le moment que les perturbations dues aux courants telluriques sont certainement plus intenses que celles dues aux taches solaires, par suite de l'éloignement de l'astre.

c) *Perturbations dues aux cyclones. Cyclone du* 10-12 *décembre* 1902. — Le 11 décembre 1902, au moment où un centre cyclonique sévissait à 300 kilomètres Nord de Tananarive, nous observions l'inclinaison; elle indiqua 54° 6′ 30″ de 10 h. 10 à 10 h. 40.

Les 4 et 18, on avait obtenu 54° 10′ 43″ de 11 h. 40 à 12 h. 10, et 54° 10′ 28″ de 16 heures à 16 h. 45. Cet élément se trouvait donc au-dessous de la moyenne de 4′ approximativement.

Le 12 la déclinaison donna 10° 9′ 45″ de 13 h. 5 à 13 h. 15. Les 3 et 17, 10° 13′ 49″ de 16 h. 15 à 16 h. 30, et 10° 12′ 11″ de 16 h. 40 à 16 h. 50. Ce résultat montre une diminution de 3′ environ.

La composante horizontale observée ce même jour égalait 0,23187 de 13 h. 17 à 13 h. 59. Le 3 on avait obtenu 0,23137 de 16 h. 43 à 17 h. 11.

La différence serait de + 0,00050.

En résumé, diminution de 3 à 4′, de la déclinaison et de l'inclinaison; augmentation de l'intensité affectant les deux dernières décimales.

Cyclone du 7-11 *mars* 1907. — Ces jours-là, deux cyclones simultanés, évoluaient autour de Madagascar. L'un dans le canal de Mozambique, l'autre dans l'Océan Indien, au large de la côte orientale. Voici les résultats acquis, au point de vue magnétique.

Le 8, la déclinaison fut de 9° 36′ 15″ de 11 h. 6 à 11 h. 17. Les 1er et 15 on avait observé 9° 31′ 37″ de 11 h. 18 à 11 h. 32, et 9° 32′ 22″ de 11 h. 13 à 11 h. 26. Par l'effet du double cyclone, la déclinaison augmente cette fois de 4′. La composante horizontale relevée le même jour fut trouvée égale à 0,22736 de 11 h. 17 à 11 h. 47. Les 1er et 15 mars, 0,22872 de 11 h. 32 à 11 h. 58, et 0,22798 de 11 h. 56 à 11 h. 53. Cet élément diminua de 0,00084.

L'inclinaison du 9 mars donna 54° 6′ 1″ de 11 h. 26 à 11 h. 56. Les 2 et 16, 54° 3′ 46″ de 11 h. 10 à 11 h. 35, et 54° 12′ 21″ de 11 h. 46 à 12 h. 15. D'après ces valeurs, l'inclinaison n'éprouva pas de notable changement.

L'effet de ces deux tempêtes simultanées agissant sur le magnétisme à Tananarive différa de celui du 10-12 décembre 1902. On observa ces jours-là une augmentation de la déclinaison, une diminution dans la composante horizontale, une influence nulle dans l'inclinaison.

A en juger d'après ces résultats et plusieurs autres, l'intensité de l'action perturbatrice produite par les manifestations électriques des cyclones est moindre encore que celle des taches solaires.

Conclusion de ce chapitre.

De cette analyse sur la variation mensuelle et annuelle des trois éléments magnétiques relevés en un même lieu à l'observatoire, de l'étude comparative établie avec d'autres stations situées en divers points du globe, des nombreux et divers résultats obtenus dans la grande île, une conclusion très nette se dégage. L'analyse des mouvements très irréguliers de l'aiguille aimantée dans l'immensité de l'espace se complique principalement par ce fait que chaque point terrestre possède sa variation spéciale, indépendante, en rapport direct avec des facteurs locaux et cosmiques. La simple énumération des accidents locaux relevés au cours de ce travail témoignera hautement quelles difficultés présente la mesure vraie du champ terrestre à Madagascar.

Champ et couple inégal, diversement influencé par des substances magnétiques (forte teneur de fer, conductibilité des roches et du terrain), par d'autres substances diamagnétiques (teneur en fer presque nulle); dislocations, effondrements, soulèvements géologiques puissants et nombreux; courants telluriques; courants électriques situés dans les hautes régions de l'atmosphère à la saison estivale; action du soleil sur les boussoles aux époques des solstices, des équinoxes, de son passage au zénith de la station; perturbations générales qui coïncident avec les périodes des taches de cet astre; situation différente pendant les périodes de calmes solaires; aurores boréales et australes; tremblements de terre et éruptions volcaniques; températures variables selon les saisons, changeant le moment magnétique des barreaux exposés aux variations extérieures; orages et cyclones; grands courants atmosphériques modifiés profondément par une cause puissante et passagère. Ces phénomènes tantôt isolés, tantôt combinés contribuent à accélérer ou à retarder, à grandir ou à réduire les mouvements diurnes, mensuels et annuels des aimants à travers l'espace, et ne permettent pour le moment de formuler

aucune loi, à cause de tant de forces soudaines, inégales, instables, locales, qui interviennent et agissent sur les courants magnétiques terrestres d'une manière tout à fait différente.

Note. — Le transcripteur de 1927 croit devoir observer que plusieurs actions perturbatrices énumérées dans cette conclusion pourraient difficilement être classées parmi des forces locales. Sans parler des aurores boréales, il est sans exemple qu'une aurore australe ait été aperçue à Madagascar et l'influence de ce phénomène ne pourrait être locale; les tremblements de terre malgaches se réduisent à de rares tassements le long d'une ligne de fracture, et sont peu importants; on ne signale d'éruptions volcaniques qu'aux Comores et à la Réunion, points éloignés de Tananarive. En dressant cette longue liste de causes de perturbations possibles, le Père Colin ne songeait certainement pas à les classer par ordre d'importance, et moins encore à leur attribuer une valeur ou une fréquence égales.

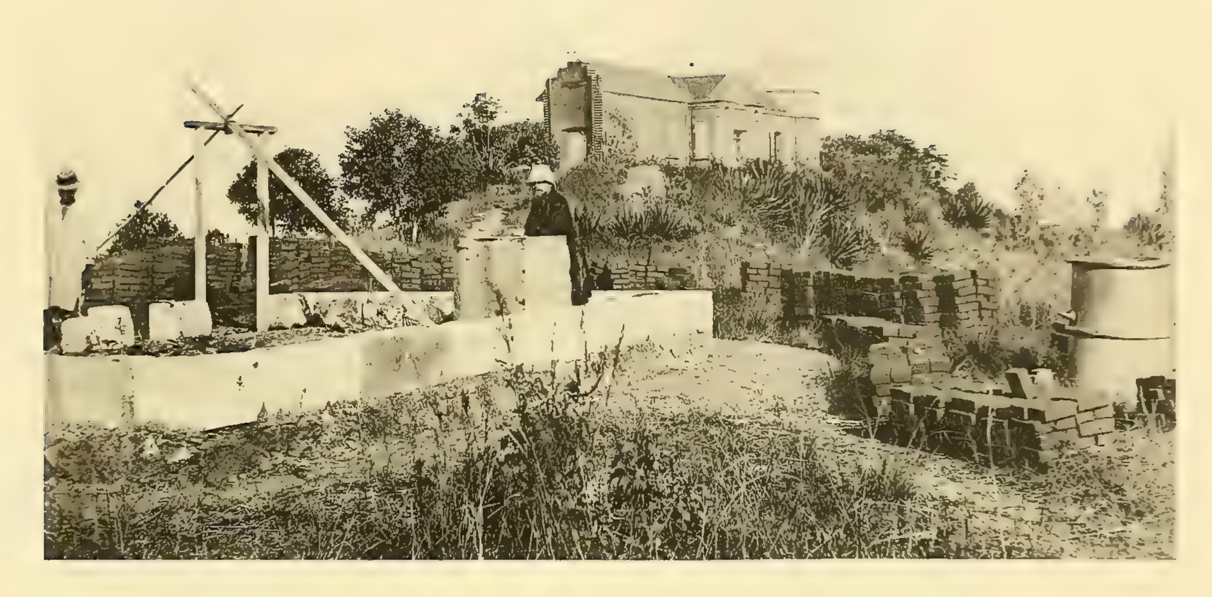
CHAPITRE II

MAGNÉTOGRAPHE MASCART

Ce chapitre sera divisé en plusieurs paragraphes. Nous décrirons d'abord le pavillon spécialement affecté au magnétographe, ensuite les appareils qui le composent, déclinomètre, bifilaire, balance et enregistreur, les procédés employés pour la graduation des diagrammes, la correction de température; la réduction des courbes en valeurs absolues, les variations diurnes, mensuelles, annuelles, les perturbations d'origine cosmique et physique qui affectent les magnétogrammes.

§ 1. — DESCRIPTION DU PAVILLON MAGNÉTIQUE

L'emplacement du pavillon magnétique fut choisi sur le sommet et sur le prolongement Nord de la montagne où se dresse l'Observatoire. La distance qui sépare les deux bâtiments égale 150 mètres; la coupole en tôle d'acier se trouve 30 mètres encore plus loin. Le sol se compose



Nouveau pilier magnétique de l'observatoire de Tananarive



Observatoire de Tananarive. - Pavillon magnétique

en cet endroit d'une couche compacte de quartz d'environ 2 mètres d'épaisseur. L'oxyde de fer contenu dans l'argile de la région, devenant magnétique par l'effet de la cuisson, on a employé comme matériaux de construction des briques simplement séchées au soleil.

Les soubassements sont en pierre de taille non magnétique ainsi que les angles des murs. Ceux-ci ont 50 centimètres d'épaisseur, 2 m. 40 de hauteur sur 8 mètres de longueur. Le pavillon de forme quadrangulaire et orienté dans la direction Nord-Sud se compose de deux pièces. Dans l'antichambre, salle du Sud et près de la fenêtre s'élève le pilier en briques crues sur lequel on observe les éléments magnétiques absolus.

Quand on veut entrer dans la salle des enregistreurs, salle du Nord, on ferme la porte extérieure, un rideau de couleur rouge orangé appliqué à la fenêtre est ordinairement abaissé. Cette lumière antiphotogénique n'influe pas sur le papier sensible. Les soupiraux et fenêtres ont été supprimés à dessein dans cette salle, afin d'éviter que le vent et l'humidité ne pénètrent par ces issues et ne modifient la température intérieure. Extérieurement, les murs ont reçu un crépissage à la chaux, de manière qu'ils absorbent le moins de chaleur possible; intérieurement ils ont été crépis avec de l'argile dont la couleur terre de Sienne n'impressionne pas le papier gélatino-bromure. Le carrelage se compose de blocs de quartz aplanis. Les piliers sur lesquels on a installé le déclinomètre, le bifilaire et la balance furent édifiés avec des briques crues. Nulle parcelle de fer dans la construction. Crochet, serrures, loquets, pentures et charnières sont en cuivre. La charpente assemblée avec des chevilles de bois ou des vis en cuivre est recouverte d'une couche de 40 centimètres d'épaisseur de *cyperus latifolius* sorte de jonc à feuille plate employé communément par les indigènes, comme couverture de toit. Cette matière végétale conduit mal la chaleur; du reste, afin d'empêcher que l'air emprisonné sous le toit ne communique ses variations de température dans la salle des enregistreurs, on a eu soin de comprimer au-dessus du plafond une couche de terre de 20 centimètres d'épaisseur qui l'isole de la température intérieure. A cause du danger de la foudre, on a jugé prudent de surmonter les deux pignons du toit de deux paratonnerres en cuivre avec

câbles conducteurs de même métal. Un léger fil de laiton unit entre eux les deux paratonnerres.

Grâce à toutes ces précautions les influences locales ont été évitées dans la mesure du possible, et la température de la salle du Nord se maintient annuellement entre 17° et 21° centigrades, comme nous le verrons plus loin.

Instruments.

Notre magnétographe, modèle Mascart, est communément employé en France. Décrivons ses quatre appareils.

1° *Déclinomètre.* — Le déclinomètre se compose d'une cage cylindrique en cuivre dont la base repose sur un cercle azimutal gradué en degrés et minutes comme celui d'un théodolite. Au bas du cylindre se trouve une lentille convergente de 1 mètre environ de foyer. En haut s'élève un tube vertical dans lequel on a suspendu le fil de soie attaché à l'étrier qui soutient un aimant quadrangulaire de 4 centimètres de longueur. La partie inférieure de cet étrier supporte un petit miroir destiné à recevoir le rayon lumineux d'une lampe et à le réfléchir sur la lentille convergente qui le projette indirectement sur le papier sensible. Le moindre mouvement de l'aimant est amplifié par le rayon réfléchi. Au centre du cercle azimutal a été fixé un deuxième miroir immobile qui reçoit aussi les rayons de la source lumineuse, les réfléchit et, traversant la lentille convergente, les envoie indirectement sur le papier sensible où ils forment une ligne droite dite de repère.

2° *Bifilaire.* — La cage du bifilaire ressemble à celle du déclinomètre; seul, le treuil de suspension du fil et l'étrier diffèrent, puisque l'aimant est supporté dans ce cas par un fil double. Au-dessous du treuil se trouve une tige cylindrique à pas de vis contraires; les deux fils s'engagent dans les gorges des vis. Ils peuvent être écartés ou resserrés suivant qu'on tourne la tige dans un sens ou dans un autre. L'étrier a été muni d'un petit plan avec deux encoches dans lesquelles passent les fils qui le suspendent. En contre-bas de l'aimant et de l'étrier, un miroir mobile fait un angle de 90° avec le barreau. On tourne le cercle de torsion

situé à la partie inférieure du tube jusqu'à ce qu'il fasse un angle de 90° avec le méridien magnétique. Alors les deux miroirs, mobile et fixe, reçoivent les rayons lumineux de la lampe, les réfléchissent et les envoient par la lentille convergente indirectement sur le papier sensible.

3° *Balance.* — La balance comprend une aiguille d'inclinaison de 10 centimètres de longueur traversée en son milieu par un couteau d'agate qui repose sur un plan de même matière. Si l'aiguille placée sur le méridien magnétique était livrée à elle-même, elle prendrait l'inclinaison locale; mais on l'oblige à se tenir horizontale au moyen de contrepoids et d'écrous de cuivre se mouvant dans des tiges filetées, placées au-dessus de l'aimant; un deuxième écrou mobile sur une tige verticale sert à régler la sensibilité de l'aiguille.

Malgré tous nos efforts nous n'avons pas réussi à lui donner la moindre sensibilité, défaut qui doit provenir d'un manque de symétrie dans la masse, ou de l'axe prismatique en agate dont le tranchant vu avec une forte loupe est émoussé, ou du poids trop considérable de l'aiguille, 35 grammes, alors que les barreaux du déclinomètre et du bifilaire ne pèsent chacun que 10 grammes.

Deux miroirs, l'un fixe, l'autre mobile, reçoivent les rayons de la lampe et au moyen d'un prisme lentille les réfléchissent directement sur le papier sensible. Nous laisserons de côté cet instrument très imparfait dont nous n'avons pu tirer que médiocres résultats.

Les fils de soie qui supportent les barreaux du déclinomètre et du bifilaire ont été brisés à plusieurs reprises par des araignées ou autres insectes. Nous les avons remplacés très avantageusement par un fil hauban de toile d'araignée malgache bien détordu; cette matière peu hygrométrique et résineuse constitue un isolateur parfait, souple et résistant.

4° *Enregistreur.* — L'enregistreur se compose d'une horloge à balancier qui fait descendre d'un mouvement uniforme et en vingt-quatre heures un cadre mobile dans lequel on a enchâssé un papier très sensible au gélatino-bromure sur lequel s'inscrivent les variations des trois composantes. Une seule lampe placée derrière l'horloge et munie de trois lentilles collectrices avec diaphragmes à fente verticale envoie les rayons

lumineux sur les trois appareils. Les miroirs mobiles et fixes du déclinomètre et du bifilaire les réfléchissent sur un prisme à angle droit qui les renvoie au papier sensible. On obtient ainsi sur une même feuille trois lignes droites qui correspondent aux trois lignes de repère fixes, puis trois courbes qui représentent les variations des aimants. La feuille de verre du châssis a été divisée par une série de lignes verticales très fines colorées en rouge qui interceptent momentanément la lumière toutes les heures sur le papier sensible.

Graduation des instruments.

Cet instrument, moins encombrant que celui du modèle de Kew, ne demande en guise d'éclairage qu'une petite lampe à pétrole. Au début de nos opérations le pétrole de mauvaise qualité carbonisait la mèche, fumait et s'éteignait. Après des tâtonnements nous avons remédié à cet inconvénient en ajoutant pour un litre de pétrole trois boules de naphtaline.

Depuis lors la lumière dure vingt-quatre heures sans trop d'interruptions.

Quel que soit le modèle adopté, le magnétographe a surtout le grand avantage d'inscrire d'une manière continue, en même temps que la variation diurne, les plus légers changements qui peuvent s'opérer dans la direction et la force des courants magnétiques. En outre de la balance peu sensible, il a aussi un autre inconvénient qu'il importe de signaler. Dans les barographes, thermographes et autres enregistreurs météorologiques préalablement réglés, on lit directement les résultats sur leurs diagrammes quadrillés en millimètres de pression ou en degrés de température; ces instruments ne subissent après leur étalonnage que de légères corrections. Les diagrammes du magnétographe ne comportent pas une telle facilité de lecture. L'échelle du temps est donnée par les lignes rouges du châssis; à part cette donnée, rien n'indique extérieurement la valeur marquée par la position de l'aiguille aimantée à un moment précis. L'on résoud la difficulté soit en employant un deuxième instrument à lecture directe que nous ne possédons pas,

soit en marquant par un artifice quelconque sur le papier sensible l'heure des observations absolues faites avec le théodolite boussole ou avec la boussole d'inclinaison. Par exemple le passage rapide d'un faible courant électrique près des appareils produira une légère perturbation qui fournit un point de repère sur la courbe et fixe la valeur de l'élément à ce moment. Notre installation à Tananarive dispense de cette précaution. Le pilier sur lequel on observe les éléments absolus se trouve à 1 m. 95 de distance du bifilaire et en est séparé par une muraille. Une légère agitation se produit dans l'aimant pendant les opérations, la courbe floue constitue un repère très caractéristique sur le diagramme.

Cette deuxième marque est insuffisante, on le conçoit, car l'aimant ne reste pas stationnaire, mais décrit une oscillation pendant la journée tantôt vers l'Est, tantôt vers l'Ouest. Il faut encore pouvoir fixer la valeur de toutes les sinuosités de la courbe. Voici comment s'obtient cette troisième donnée.

Graduation du déclinomètre. — On lit sur le vernier du cercle azimutal du déclinomètre le nombre de degrés et minutes qu'indique l'appareil au moment même, et on inscrit le résultat. Puis interrompant toute communication de lumière avec l'enregistreur au moyen d'un bouton qui commande l'obturateur, on ajoute à la lecture trouvée 30′ en faisant tourner la vis de rappel du cercle azimutal vers la droite. On ouvre la communication avec l'enregistreur; la lumière pénètre sur le papier sensible pendant 10 minutes. L'image fixe a été déviée seule à cause de la torsion du fil presque nulle, ensuite, parce que l'aimant persiste dans sa direction normale. Nouvelle interruption. Retranchons 30′ vers la gauche de la lecture primitive et faisons tourner la vis de rappel vers cette deuxième valeur, la ligne fixe est déviée de nouveau dans un sens opposé au premier. Les rayons lumineux, au moyen du bouton de l'obturateur impressionnent le papier sensible. Enfin, dernière fermeture pendant laquelle on remet le vernier de l'instrument à la graduation qu'il occupait dès le début. Après le développement et le fixage de la feuille, les deux fragments d'image de la ligne de repère apparaissent, l'une au-dessus de la courbe, l'autre en dessous. Leur distance en est

mesurée, exactement en millimètres, et dixième par estime; on divise la valeur angulaire, 60′ dans le cas actuel, par le nombre de millimètres; le quotient exprime la valeur de 1 millimètre de l'ordonnée, en minutes, dixièmes et centièmes.

Nous donnons deux séries d'exemples choisis pendant deux années et de deux mois différents.

Valeur angulaire de 1 millimètre de l'échelle du déclinomètre.

28 juillet 1903.

Position normale du cercle azimutal	130° 34′
Première déviation — —	130° 4′
Deuxième déviation — —	131° 4′
Différence	1° 0′

Distance des deux images sur le diagramme 41 mm. 5 :

$$1 \text{ mm.} = \frac{60}{41 \text{ mm. } 5} = 1' 445 \quad \text{ou} \quad 1' 27''.$$

14 mai 1903.

Position normale du cercle azimutal	130° 22′
Première déviation — —	130° 52′
Deuxième déviation — —	129° 52′
Différence	1° 0′

Distance des deux images sur le diagramme 40 mm. 5 :

$$1 \text{ mm.} = \frac{60}{40 \text{ mm. } 5} = 1' 481 \quad \text{ou} \quad 1' 29''.$$

5 septembre 1906.

Distance des deux images sur le diagramme 43 millimètres :

$$1 \text{ mm.} = \frac{60}{43} = 1' 388 = 1' 23''.$$

28 novembre 1906.

Distance des deux images sur le diagramme 42 mm. 6 :

$$1 \text{ mm.} = \frac{60}{42 \text{ mm. } 6} = 1' 408 = 1' 24''.$$

La moyenne des deux résultats et d'un grand nombre d'autres donne 1′ 46 ou 1′ 28, valeur que nous désignerons d'une manière générale par la lettre grecque, ε.

Graduation du bifilaire. — Assurément il n'est guère possible avec ces instruments enregistreurs de reproduire les expériences de la composante horizontale, telles que nous les avons décrites précédemment à propos des observations absolues. L'appareil ne se prête pas à de grandes déviations de l'aimant; ainsi dès que les perturbations atteignent 2°, les images sont rejetées hors du prisme et du champ d'inscription.

On procède donc de la manière suivante. Une règle de comparaison en cuivre graduée en centimètres et millimètres supportant un chariot mobile destiné à un aimant auxiliaire est placée dans la direction du Nord magnétique du déclinomètre; l'une des extrémités de la règle terminée en arc de cercle forme butoir et s'appuie sur le cercle azimutal de l'instrument; on appelle cette position deuxième position de Gauss. L'aimant auxiliaire a été fixé sur la division de 30 centimètres avec son chariot : à cette distance la déviation n'est que de quelques centimètres; ses deux pôles occupent un plan perpendiculaire au méridien magnétique et à la direction de la boussole du déclinomètre. L'image mobile attirée ou repoussée suivant le pôle, se dirigera d'un côté, et si nous changeons les pôles de direction, elle sera rejetée d'un autre, comme dans les expériences de déviations faites avec le théodolite boussole. Pour que ces divers changements s'inscrivent sur le papier sensible, on réitère les temps de pose des opérations précédentes. Après que l'image a été développée et fixée, nous mesurons en millimètres et dixièmes à vue la distance des deux traits mobiles, et prenons la moitié du résultat que l'on multiplie par ε dans le cas $1'46$.

En représentant par F la force de l'aimant déviant à 30 centimètres sur la règle de comparaison, par H la composante horizontale, α la demi-distance en millimètres, convertie en valeur angulaire, nous aurons : $\operatorname{tang}\alpha = \frac{F}{H}$, ou $F = H \operatorname{tang}\alpha$. Si pour abréger cette dernière formule, on appelle λ la $\operatorname{tang}\alpha$ alors $F = \lambda H$.

La force F est une fraction de la composante horizontale; nous utiliserons tout à l'heure cette donnée.

Après avoir placé la règle de comparaison Nord du déclinomètre on la transporte à l'Ouest du bifilaire afin de mesurer sur cet instrument la fraction de la composante qui correspond à 1 millimètre de l'échelle. Comme précédemment on dispose la règle dans la deuxième position de Gauss, c'est-à-dire parallèle à l'aimant du bifilaire. L'aimant déviant se trouve alors dans la direction du méridien magnétique. On recommence les opérations précédentes, telles qu'elles ont été faites au déclinomètre.

Au développement et fixage du diagramme, on aura deux portions de la courbe déviée. La demi-distance m représente une force qui est une fraction connue de H, précédemment appelée λ; une division de l'échelle d'H, ou 1 millimètre correspond comme pour le déclinomètre à la fraction $\frac{\lambda}{m}$ de la composante. Ces opérations sont résumées dans la relation suivante :

$$\frac{dH}{H} = \frac{\text{tang}\,\alpha}{m}, \qquad \text{par conséquent} \qquad dH = \frac{\lambda}{m}H.$$

Nous prendrons comme exemples les graduations du bifilaire exécutées les 14 mai 1903, les 5 et 19 septembre 1906.

14 mai 1903.

Aimant déviant sur le chariot 30 centimètres.

Déclinomètre

Distance des deux images . . . . 24 millimètres.

$$\alpha = \frac{24}{2} \times 1'48 = 12 \times 1'48 = 17'77 = 17'46''$$

$$\text{tang}\,\alpha = \lambda = 0{,}005168.$$

Bifilaire.

Distances des deux images . . . . 47 millimètres

$$m = \frac{47}{2} = 23{,}5$$

$$\frac{0{,}005168}{23{,}5} = 0{,}000219\text{H}.$$

Or $\text{H} = 0{,}23092.$

Donc : 1 mm. d'ordonnée $= 0{,}23092 \times 0{,}000219 = 0{,}000050.$

5 septembre 1906. *Déclinomètre.*

Distances des deux images . . . . 23 mm 2.

$$\alpha = \frac{23{,}2}{2} \times 1'356 = 11 \text{ mm. } 6 \times 1'388 = 16'000 = 16'0''$$

$$\text{tang } 16'00'' = 0{,}004654.$$

19 septembre 1906. *Déclinomètre.*

Distance des deux images . . . . 23 millimètres.

$$\alpha = \frac{23}{2} \times 1'356 = 11{,}5 \times 1'388 = 15'962 = 15'58''$$

$$\text{tang } 15'58 = 0{,}004644.$$

28 novembre 1906. *Déclinomètre.*

Distance des deux images . . . . 20 millimètres.

$$\alpha = \frac{20}{2} \times 1'408 = 10{,}0 \times 1'408 = 14'08 = 14'5''$$

$$\text{tang } 14'5'' = 0{,}004091.$$

Bifilaire. **5 septembre 1906.**

Distance des deux images . . . . $\frac{21{,}5}{2} = 10$ mm. 7.

1 millimètre d'ordonnée $= \frac{0,004654}{10,7} = 0,000435$H.

Or H moy. du mois $= 0,22876 \times 0,000435 = 0,0000995$.

Bifilaire. **19 septembre 1906.**

Distance des deux images . . . . $\frac{21,5}{2} = 10$ mm. 7.

1 millimètre d'ordonnée $= \frac{0,004644}{10,7} = 0,000434$ H.

Or H moy. du mois $= 0,22876 \times 0,000434 = 0,0000992$.

Graduation de la balance. — On place la règle de comparaison du côté Est, mais il faut avoir soin de mettre l'aimant déviant dans une position verticale. On réitère les opérations précédentes. Z représentant la composante verticale, n la demi-distance des images. Nous aurons :

$$\frac{dz}{z} = \frac{\cot \mathrm{I} \tang \alpha}{n} \quad \text{ou} \quad dz = \frac{\cot \mathrm{I} \tang \alpha}{n}.$$

L'exemple suivant contient la graduation de la balance le 14 mai 1903.

Distance des deux images : 5 millimètres.

$$n = \frac{5}{2} = 2 \text{ mm. } 5.$$

1 millimètre d'ordonnée $= \frac{0,005168 \cot 54' 6''}{2,5} = 0,000374$.

Correction de température.

On sait que la température influe légèrement sur la force magnétique des aimants. Avec la chaleur leur moment diminue, avec les froids il augmente. Or, toute décroissance de cette force a pour effet un accroissement correspondant du carré du temps d'une oscillation, élément qui affecte le bifilaire. Afin de conserver un moment aussi uniforme que possible, on installe en Europe le magnétographe dans une cave : de cette manière on le soustrait aux changements thermiques. Pareille construction aurait présenté ici de graves inconvénients à cause de la quantité de pluie (1 mètre et demi environ) qui tombe sur le sol, et de l'humidité qui pénètre profondément en terre à l'époque pluvieuse. Nous avons essayé de suppléer à l'absence d'une cave, par divers aménagements indiqués au paragraphe : Description du pavillon magnétique. En fait la salle des enregistreurs se maintient à 6 dixièmes de degré près à la même température diurne. De plus les moyennes mensuelles obtenues

pendant douze années dans l'intérieur de cet appartement présentent des résultats de très faible amplitude comme le témoigne le tableau suivant dressé d'après un grand nombre d'années d'observations :

Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
21° 4	21° 2	21° 5	20° 9	19° 5	17° 8	16° 7	16° 9	18° 3	20° 2	21° 2	21° 5

Les résultats de ce tableau démontrent que la température reste uniforme pendant la saison chaude, puis descend et monte régulièrement.

Les extrêmes 16°,7 et 21°,5 ont lieu en juillet, en décembre et mars. Ces variations thermiques dans un pavillon construit au sommet d'une montagne et en plein air sont assurément moins accusées qu'en Europe où l'on constate même dans la cave magnétique du Parc Saint-Maur parfaitement conditionnée jusqu'à 14° de différence entre les températures extrêmes.

Ici, elles se réduisent à 4°,8, moyennant quelques précautions structurales. Comme la température n'a point d'influence sur le déclinomètre qui indique seulement la direction de l'aimant vers le Nord, aucune correction n'entre dans le calcul de cet élément.

Il n'en est pas de même du bifilaire. Lorsque les oscillations thermiques deviennent par trop considérables, elles influent sur le moment des barreaux; dans ce cas il est nécessaire d'établir le coefficient de température pour 1°; à cet effet, à l'époque fraîche, on pourrait élever artificiellement la chaleur de la salle au moyen de réchauds et de charbon de bois allumé. Nous n'avons employé ni ce procédé ni tout autre étant donné la nocivité de l'oxyde de carbone et l'impossibilité d'aérer ensuite la chambre; l'élimination de la variation diurne, l'écart très faible de la variation mensuelle, par suite le coefficient de température modifie légèrement la valeur *m*, et aussi la fraction de 1 millimètre de l'ordonnée, en sorte qu'elle affecterait finalement la 5e décimale de la composante horizontale. Avec une si faible réduction, il devient inutile, croyons-nous, d'appliquer une correction de température au bifilaire de Tananarive. Comme preuve de la légitimité de cette abstention, citons un exemple. M. Moureaux a calculé les observations du bifilaire, présentant une différence thermique mensuelle de 20°,7, avec et sans correction de

température; l'écart des deux résultats a différé de 0,00001, quantité insignifiante, puisque la 4e décimale rentre déjà dans l'ordre des erreurs instrumentales et d'observations. Remarquons que notre oscillation annuelle n'atteint même pas le double de 2°,7. Par suite d'un vice de construction la balance magnétique étant fort peu sensible aux courants terrestres, n'éprouve à plus forte raison qu'une influence inappréciable aux effets de la température.

Réduction des courbes en leurs valeurs absolues.

Après avoir obtenu la valeur d'1 millimètre de l'ordonnée pour les trois éléments, on procède à une quatrième et dernière opération, la plus importante de toutes; elle consiste à réduire les courbes en leurs valeurs absolues.

On place chaque diagramme sous une plaque de verre quadrillé en centimètres et millimètres. Les lignes horaires verticales et la ligne de base horizontale mises en concordance avec les grandes divisions de la plaque, il est facile de mesurer en millimètres et dixièmes à vue la distance entre les courbes et la ligne droite formée par le miroir fixe. Ce premier travail donne relativement à chaque élément les positions horaires des aimants exprimées en millimètres et dixièmes. Il s'agit pour obtenir le résultat final de traduire cette distance de chaque courbe à la ligne fixe, par une valeur absolue. Voici comment on procède.

Courbes de la déclinaison. — Comme nous l'avons dit plus haut la marque sur le diagramme de l'observation absolue de la déclinaison présente un premier et principal point de repère qui dès maintenant va être mis en application. On déterminera la déclinaison de la ligne droite fixe de la manière suivante : elle égale la déclinaison absolue moins l'ordonnée en millimètres multipliée par la constante 1′ 46, valeur de 1 millimètre réduite en minute d'arc et centièmes. Cette égalité s'exprime par la formule $D_0 = D - (n \times \varepsilon)$. D_0 représente la ligne de base, D l'observation absolue de la déclinaison, n la distance en millimètres, de D_0 à D, ε la valeur angulaire de 1 millimètre.

D_0, déterminé, tout autre point de la courbe D′ s'obtient ainsi :

$$D' = D_0 + (n \times \varepsilon).$$

Apportons un exemple à l'appui; on demande de fixer D_0 d'après les données suivantes :

14 *mai* 1903.

$$D = 10^\circ 6' 86$$
$$n = 10 \text{ mm. } 5$$
$$\varepsilon = 1',46.$$

Nous aurons $$D_0 = 10^\circ 6' 86 - 15' 33 = 9^\circ 51' 53.$$

Courbes du bifilaire. — Puisque, dans cet élément, nous n'appliquons aucune correction de température, la valeur de la ligne de repère H_0 de la composante horizontale s'obtiendra simplement comme pour le déclinomètre en retranchant du résultat absolu H, la distance des deux images n' multipliée par la valeur d'1 millimètre de l'ordonnée ε'.

$$H_0 = H - (n' \times \varepsilon').$$

D'où $$H' = H_0 + (n' \times \varepsilon').$$

Nous prendrons comme exemple l'observation absolue de la composante horizontale faite à une date voisine du 14 mai, à savoir 8 mai 1903.

8 *mai* 1903.

$$H = 0{,}21019$$
$$n' = 25 \text{ mm. } 7$$
$$\varepsilon = 0{,}000050$$
$$H_0 = 0{,}21019 - 0{,}000013 = 0{,}210177.$$

Courbes de la balance. — Alors même que nous laissions de côté ses valeurs, nous indiquons la manière de réduire en valeur absolue les courbes de cet élément. Comme précédemment la valeur de la ligne de repère Z_0 égale la différence entre la composante verticale et la distance des deux images multipliée par la valeur d'1 millimètre de l'ordonnée ε'.

On obtient la composante verticale en multipliant la valeur absolue de la composante horizontale H par la tangente de l'inclinaison absolue, ce que l'on exprime par la formule $Z = H \text{ tang } I$.

§ 2. — RÉSULTATS DU DÉCLINOMÈTRE EN 905-1906.

Le premier paragraphe du chapitre II a été consacré à décrire les instruments magnétiques enregistreurs, à indiquer le mode de réduction diagrammes. Il reste à publier et à analyser les résultats numériques des boussoles de déclinaison et de composante horizontale non seulement pendant le jour et la nuit, mais encore aux diverses saisons de l'année, pendant les périodes d'activité ou de calme du soleil, aux passages de cet astre et de la lune à notre zénith, pendant les dépressions atmosphériques, etc.

Cet examen détaillé de la vie intime de l'aiguille aimantée nous révélera et ses variations ordinaires dans nos régions tropicales et une série de phénomènes perturbateurs dont nous n'avons signalé jusqu'ici qu'un petit nombre.

Variation diurne.

Les tableaux 7 à 9 (voir pages 234-235) contiennent : 1° la variation diurne des années 1905 et 1906; 2° l'amplitude mensuelle moyenne de l'onde magnétique; 3° la valeur mensuelle moyenne de ces deux mêmes années; 4° une étude comparative des résultats magnétographiques de Maurice et de Tananarive.

On a obtenu le jour magnétique moyen en groupant les observations horaires de la journée pendant un même mois, puis en prenant la moyenne de ces résultats. Les deux premiers tableaux représentent l'écart en minutes d'arc et dixièmes au-dessus et au-dessous de la moyenne. Ce mode de représentation employé pour un élément physique qui diminue graduellement sous nos latitudes, permet de comparer aisément les résultats de plusieurs années, comme aussi d'établir rapidement le degré de perturbation qui affecte parfois la boussole.

Les résultats des trois tableaux précédents contiennent directement ou indirectement trois sortes de variations magnétiques : *a*) celles que donnent les moyennes diurnes pour chaque mois de l'année civile; *b*) celles obtenues pendant l'année météorologique tropicale, composée

d'une saison fraîche puis chaude; *c*) la marche diurne moyenne que nous comparerons avec diverses stations. Nous développerons ces trois états de la boussole, nous appuyant principalement sur l'année 1906, classée parmi les calmes; on sait que 1905 fut affectée par une période de perturbations magnétiques et de taches solitaires.

a) D'une manière générale, les photogrammes de la déclinaison, à Madagascar, se composent d'une onde unique principale avec maximum et minimum suivi ou précédé à certaines époques de deux maxima et minima secondaires et transitoires.

Or, ces traits fondamentaux qui représentent les jours moyens mensuels accusent, dans le cours de l'année, des modifications importantes.

Le diagramme du mois de juillet offre le tracé le plus régulier de l'année; sans grande erreur on pourrait le choisir comme prototype auquel on comparerait les diagrammes des autres mois. En effet, les résultats moyens annuels de 1905 et de 1906 donnent respectivement 9° 47′ 1 et 9° 38′ 5, valeurs qui coïncident avec la déclinaison de juillet, à savoir 9° 47′ 4 en 1905 et 9° 38′ 5 en 1906. La hauteur de l'onde diurne en 1906 égale 2′ 4, la profondeur — 1′ 6.

La forme du photogramme d'août 1906 a dans son ensemble beaucoup d'analogie avec celle de juillet; elle en diffère par une amplitude légèrement plus forte, puisque le maximum monte à 3′ 6 et le minimum descend à 2′ 7. Les graphiques de novembre et décembre ont entre eux une assez grande ressemblance; même hauteur de l'onde diurne à quelques dixièmes près 3′ 9 et 4′ 1; même profondeur : — 2′ 5 et — 2′ 3.

Toutefois une divergence notable se manifeste dans le degré de pente des deux maxima principal et secondaire durant ces mêmes mois. La montée de la courbe en novembre s'exécute à une allure rapide, en décembre à une allure lente.

Si l'on trace sur un graphique les trois résultats de février, mars et avril, en prenant comme zéro la même ligne moyenne, on observe que depuis 0 heure jusqu'à 14 heures, le diagramme de mars est intermédiaire entre février et avril, soit dans la hausse diurne, soit dans la baisse.

L'heure du maximum 8 heures est la même en février et mars; elle a lieu une ou deux heures plus tard en avril. De 14 heures, moment du minimum jusqu'à 0 heure, les trois tracés coïncident.

Ajoutons à ces remarques que février et mars présentent l'onde diurne la plus développée de toute l'année; juin, au contraire, indique la plus déprimée. Janvier, mai, juin, septembre et octobre diffèrent des mois précédents dans les détails, tout en conservant les traits généraux fixés plus haut. Rappelons à ce sujet qu'en janvier le soleil passe une seconde fois à notre zénith, qu'en mai et juin cet astre atteint sa plus grande déclinaison boréale, enfin qu'en septembre et octobre, il se trouve près de l'équateur et pénètre dans notre hémisphère austral. En particulier, l'onde diurne de janvier diffère complètement de celle des autres mois; elle commence à se former dès 0 heure et s'élève jusqu'à 8 heures d'une manière lente et progressive; elle descend ensuite pendant 6 heures et reste stationnaire deux heures durant. Le reste de la courbe ne subit pas d'importantes modifications.

b) La forme de l'onde diurne, les heures des maxima et minima varient suivant les saisons et par conséquent d'après les diverses déclinaisons du soleil. Le tableau suivant contient les résultats diurnes obtenus pendant la saison fraîche d'avril à septembre et pendant la saison chaude d'octobre à février. Nous avons ajouté à la suite de la période estivale les valeurs anormales de mars.

TABLEAU 12. — **Onde magnétique diurne du déclinomètre suivant les saisons.**

Heures . .	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Avril-sept.	— 0′3	— 0′3	— 0′3	— 0′2	— 0′2	— 0′1	— 0′2	— 0′4	+ 0′5	+ 2′1	+ 3′1	+ 2′5
Oct.-févr. .	— 0′3	— 0′1	0	+ 0′2	+ 0′4	+ 0′7	+ 1′4	+ 2′4	+ 3′6	+ 3′1	+ 2′2	+ 1′0
Mars. . .	— 0′1	— 0′1	— 0′1	0	0	+ 0′2	+ 0′7	+ 2′4	+ 5′1	+ 5′3	+ 4′1	+ 1′4
Heures . .	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Avril-sept.	+ 1′7	+ 0′3	— 1′2	— 2′2	— 2′1	— 1′1	— 0′2	— 0′1	— 0′1	— 0′1	— 0′3	— 0′3
Oct.-févr. .	— 0′7	— 2′1	— 2′8	— 2′6	— 1′8	— 0′8	— 0′2	— 0′2	— 0′3	— 0′4	— 0′4	— 0′3
Mars . . .	— 0′7	— 2′6	— 3′6	— 3′5	— 2′7	— 1′7	— 0′3	— 0′6	— 0′6	— 0′6	— 0′6	— 0′5

Interprétons les valeurs du tableau précédent.

1° Pendant les froids, l'aimant reste stationnaire de 22 à 2 heures; puis, il remonte légèrement jusqu'à 5 heures et présente alors un faible

maximum secondaire; il baisse de nouveau vers 7 heures, atteint enfin son maximum principal vers l'Ouest à 10 heures avec un angle de 3′ 1.

Pendant les chaleurs, l'aiguille aimantée a un mouvement un peu différent. Elle reste à peu près fixe à 0 de 2 heures, se déplace ensuite vers l'Ouest jusqu'à 8 heures, moment de son écart maximum. L'aimant parcourt une oscillation moyenne de 3′ 6, angle plus grand que précédemment.

En hiver la boussole descend vers l'Ouest, pendant 5 heures, suivant un angle de 5′ 3; elle parvient au minimum principal dès 15 heures. En été l'heure du minimum se produit plus tôt, à 14 heures; la baisse dure 6 heures à raison de 1′ par heure environ.

A l'époque froide l'aiguille aimantée remonte jusqu'à 19 heures puis s'arrête pendant trois heures. A l'époque chaude elle s'élève insensiblement de 15 heures à 18 heures, reste presque immobile jusqu'à 19 heures, et atteint un deuxième minimum secondaire à 21 et à 22 heures.

Durant le mois anormal de mars, le plus grand écart vers l'Ouest se manifeste à 9 heures, avec un angle considérable de 5′ 3; le minimum se produit comme pendant les chaleurs à 14 heures, toutefois avec un angle moindre que le précédent 3′ 6.

En définitive, l'intervalle des écarts extrêmes et l'amplitude de la double oscillation diurne égalent, durant notre hiver, 5 heures, l'oscillation 5′ 3; en été 6 heures, l'oscillation 6′4; en mars, 5 heures, l'oscillation 8′9. Deux fois par jour, la boussole de déclinaison passe par la valeur qui correspond à la moyenne diurne. Ces moments, sauf pendant la nuit, paraissent théoriquement les plus favorables pour observer la déclinaison. Ils ont lieu d'avril à septembre, à 7 h. 30 et à 13 heures; d'octobre à février à 3 heures et à 11 h. 30.

En mars les photogrammes offrent généralement des perturbations; en juillet, au contraire, des tracés réguliers; la valeur moyenne de ce dernier mois coïncide avec la valeur moyenne annuelle. Au point de vue pratique, mars ne peut fournir aux magnéticiens que des déclinaisons douteuses, juillet des résultats exacts.

Comme corollaire, les deux paragraphes (*a*, *b*), nous aideront à résoudre

un cas particulier. L'onde diurne se produisant à des heures différentes suivant les saisons et avec une amplitude maximum pendant les chaleurs et minimum pendant les froids, influencée en outre par les passages du soleil au zénith de la station, aux deux solstices, aux équinoxes et aussi par les manifestations orageuses de nos contrées, éprouve chaque mois sous l'effet de ces forces cosmiques et terrestres, des variations dans les courants magnétiques qui entraînent nécessairement des altérations de formes plus ou moins accentuées sur les diagrammes.

1° Étendons plus loin encore le cadre restreint de ces recherches scientifiques en mettant sous les yeux du lecteur les mouvements diurnes de la boussole, non seulement tels qu'on les observe à Tananarive, mais encore tels que les obtiennent deux autres stations éloignées de nous et munies du magnétographe Mascart. A cet effet nous choisirons d'abord Paris, méridien initial français, puis la capitale malgache située à trois heures vers l'Est et à 18° 55′ de latitude australe, enfin Manille située à 8 heures Est de Paris et à 14° 31′ de latitude boréale non loin de l'équateur magnétique. Avec nos propres observations de 1906, nous utiliserons les travaux de M. Moureaux (*Annales du B. C. M.*, 1906), et la brochure du P. Cirera : *El magnetismo en Filipinas*, 1892. Cette dernière année, quoique différente, est du moins caractérisée comme 1906 par une période de calme solaire. Dans les trois stations, l'aiguille aimantée suit une marche ascendante mais de direction contraire de 0 heure à 3 heures; à Manille elle se dirige vers l'Est, à Tananarive et à Paris vers l'Ouest. Les barreaux de Tananarive et de Manille restent stationnaires de 3 à 4 heures; celui du premier lieu exécute son maximum vers l'Ouest jusqu'à 10 heures; dans le second lieu, maximum vers l'Est, jusqu'à 8 heures, tandis que le barreau de Paris exécute un minimum vers l'Est dès 8 heures. D'où il suit qu'entre Manille et Tananarive d'une part, entre Paris d'autre part, la boussole est animée de mouvements contraires; hausse dans les deux premières stations, baisse dans la troisième. Ici, l'ascension s'accentue de 5 à 10 heures et augmente exactement de 3′ pendant ces cinq heures.

La déviation de l'aimant vers l'Ouest à Paris, s'accomplit avec

autant de lenteur (5 heures) qu'à Tananarive, de 8 à 13 heures; mais l'angle est beaucoup plus accentué : 9' 64. La hausse de Manille se produit en un temps très court, 3 heures et par une faible amplitude de 1'4. Ensuite l'aimant exécute son minimum vers l'Ouest de 8 à 13 heures, exactement dans une direction inverse à celle de Paris, et ne diminue que de 3'. L'aiguille aimantée de Tananarive décroît depuis 10 heures et parvient à son minimum vers l'Est à 15 heures; son oscillation égale à 5'2.

Pendant ce laps de temps la courbe baisse vers l'Est à Paris.

Manille observe à 17 heures un maximum secondaire de 2'. Ici, nous constatons une hausse secondaire 2' 2, vers 18 heures; elle se prolonge pendant une heure. A 18 h. 30, les trois aimants de ces stations occupent la position de la moyenne diurne; Manille et Tananarive ne s'en écartent guère le reste de la nuit jusqu'à 0 heure, tandis que l'aiguille de Paris ne devient fixe que de 21 à 0 heure; elle se trouve alors à 1' 3 au-dessous de la moyenne diurne.

En résumé, trois faits principaux se dégagent des résultats de ces magnétographes : 1° la boussole exécute des mouvements de même direction à Paris et à Manille situés dans l'hémisphère Nord; 2° de direction contraire entre Tananarive et Paris-Manille situés en deux hémisphères différents; 3° les variations de l'aimant acquièrent une faible intensité à Manille situé non loin de l'équateur magnétique; elles ont une amplitude moyenne à Madagascar située dans la région tropicale australe, et sont beaucoup plus accentuées sous les hautes latitudes de France. L'ensemble de ces forces s'exerçant sur la surface terrestre ressemble à un immense levier du premier genre composé d'innombrables branches à forme déviée dont le point d'appui (ligne horizontale) occuperait la ligne agonique, les extrémités des bras aboutiraient aux pôles magnétiques Nord et Sud où elles acquièrent leur maximum d'amplitude. Durant la variation diurne, tandis que la boussole se dirige vers l'Est et l'Ouest dans l'hémisphère boréal, elle prend une direction contraire, vers l'Ouest et l'Est, dans l'hémisphère austral; absolument comme les deux bras du fléau d'une balance oscillent en sens inverse.

La sensibilité du levier considéré dans ses points intermédiaires, dépend, ce semble, de deux causes; d'abord la distance à la ligne agonique, ensuite de centres d'induction locaux, les uns permanents les autres accidentels.

Ajoutons à ces quelques remarques un corollaire non moins important. Le lecteur a constaté, au cours de cette rapide analyse, que la marche diurne de la boussole, du moins, sous le tropique austral, n'a pas cette régularité ni cette faible amplitude que lui attribuent libéralement les auteurs de traités de physique. De même que la pression atmosphérique, la déclinaison a elle aussi ses heures variables. Exhibée à un concours chronométrique, elle serait reléguée par le jury au dernier rang des sabliers, clepsydres, et des plus faux cadrans solaires. Souhaitons que les futurs auteurs physiciens prennent acte de ces faits!

Amplitude diurne de la déclinaison.

Afin d'éviter toute équivoque, il est essentiel de définir ce que nous entendons par amplitude diurne de la déclinaison; à savoir, la quantité dont la boussole baisse entre le maximum du matin et le minimum du soir. Les tableaux suivants contiennent, dans la colonne maxima, l'écart le plus grand au-dessus de la moyenne diurne; dans la colonne minima le plus grand écart au-dessous de la moyenne diurne. L'amplitude qui résulte de ces valeurs extrêmes est loin d'être constante, comme nous l'étudierons plus loin; plusieurs facteurs cosmiques et terrestres agissent tantôt isolément, tantôt simultanément sur la boussole. Il est donc nécessaire d'utiliser dans ce paragraphe les résultats obtenus pendant l'année calme de 1906 et l'année perturbée de 1905. Peut-être cette étude comparative permettra-t-elle de dévoiler, en toute certitude, quelques-uns des éléments qui affectent les phénomènes magnétiques.

Commençons par analyser les résultats de 1906, année de minimum d'activité solaire. L'amplitude de 1906 réduite en un graphique présente un total de trois maxima dont un principal qui se prolonge pendant deux mois et deux secondaires, ensuite trois minima dont deux principaux et un secondaire. Développons chacune de ces phases.

TABLEAU 13. — **Amplitude diurne de la déclinaison.**

Mois.	Année 1905 Maxima.	Minima.	Amplitude.	Moy. gén.	Année 1906 Maxima.	Minima.	Amplitude.
Janvier	4′ 0	— 2′ 7	6′ 7	5′ 7	2′ 9	— 1′ 8	4′ 7
Février	4′ 3	— 3′ 4	7′ 7	7′ 9	4′ 5	— 3′ 6	8′ 1
Mars	6′ 0	— 3′ 9	9′ 9	9′ 0	4′ 8	— 3′ 3	8′ 1
Avril	4′ 1	— 2′ 0	6′ 1	6′ 7	4′ 5	— 2′ 9	7′ 4
Mai	3′ 5	— 2′ 0	5′ 5	5′ 6	3′ 5	— 2′ 2	5′ 7
Juin	2′ 2	— 1′ 9	4′ 1	4′ 2	2′ 2	— 2′ 1	4′ 3
Juillet	2′ 3	— 2′ 0	4′ 3	4′ 1	2′ 4	— 1′ 6	4′ 0
Août	3′ 0	— 2′ 9	5′ 9	6′ 1	3′ 6	— 2′ 7	6′ 3
Septembre	4′ 9	— 3′ 0	7′ 9	7′ 4	4′ 2	— 2′ 8	7′ 0
Octobre	4′ 5	— 3′ 9	8′ 4	7′ 1	3′ 1	— 2′ 8	5′ 9
Novembre	4′ 2	— 3′ 6	7′ 8	7′ 1	3′ 9	— 2′ 5	6′ 4
Décembre	2′ 8	— 1′ 8	4′ 6	5′ 6	4′ 1	— 2′ 6	6′ 7
Moyenne	3′ 8	— 2′ 7	6′ 5	6′ 3	3′ 6	— 2′ 5	6′ 1

Pourquoi au mois de février le maximum principal égale-t-il celui de mars? — A défaut d'électromètres et d'enregistreurs de courants telluriques, nous comparerons du moins ce résultat avec les éléments météorologiques de ce mois. Tout d'abord, la pression barométrique de février, 647 mm. 8, fut inférieure de 0 mm. 3 à la normale. Ensuite, nous relevâmes pendant ce mois une période de calmes exceptionnelle; la vitesse du vent fut très faible, 5,130 kilomètres contre 10,175 kilomètres en janvier et 1,176 en mars. La rareté et l'absence de l'alizé Sud-Est dans nos parages a contribué peut-être à la formation de ce maximum. Ajoutons à ces quelques remarques le nombre élevé de jours d'orages survenus en février; on en compte 15; en mars 16; l'humidité de l'air considérable, 79 p. 100 en février et 78 p. 100 en mars; la forte quantité de pluie tombée : 669 mm. 95 en février, 49 mm. 45 en janvier et 240 mm. 4 en mars. Toutes ces anomalies météorologiques ont pu intervenir, se surajouter à l'oscillation élevée de la boussole, et ainsi selon toute probabilité l'amplitude magnétique de février atteignit un maximum pareil à celui de mars.

Le deuxième maximum de mars égal à celui de février 1906 présente un trait digne de remarque; l'onde la plus développée de l'année se produit la veille du 21 mars, point équinoxial. Les quelques résultats suivants extraits de nos registres pendant ces neuf jours où le soleil avoisine l'équateur montreront l'action progressive et diminutive de cet astre sur la boussole durant cette période.

Mars 1906.

Jours	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Oscillations	7′1	5′7	10′2	10′9	9′3	9′2	9′0	7′1	7′3

De mars à juillet la courbe de l'amplitude décroît régulièrement. Juillet constitue ici le mois le plus froid de l'année, ce qui explique la formation du minimum à cette époque. Sans cette circonstance, la plus forte baisse aurait lieu probablement en juin, comme le prouvent les faibles oscillations relevées à la troisième décade de ce mois. Le 20 juin, perturbations de courte durée; le calme se rétablit ensuite. Le soleil atteignit sa déclinaison la plus boréale le 22 juin.

Juin 1906.

Jours	20	21	22	23	24	25	26
Oscillations	6′2	3′8	3′7	4′4	3′0	3′8	4′8

La valeur 3′ obtenue le 24, soit deux jours après le solstice, est la plus basse de 1906.

Un maximum secondaire apparaît au deuxième équinoxe de septembre; les oscillations du barreau témoignent comme en mars de l'activité du soleil sur les courants magnétiques, lorsque cet astre traverse l'équateur. Le passage au point équinoxial eut lieu le 24 septembre 1906. Les différences de valeurs entre le maximum et le minimum diurne sont assez fortes les 21 et 22.

Septembre 1906.

Jours	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Oscillations	8′2	9′9	9′9	8′3	6′4	6′4	7′7	6′5	7′6

Le lecteur se demandera peut-être pourquoi, aux deux équinoxes, l'oscillation magnétique ne donne pas le même résultat, 10′ 9 d'une part 9′ 9 d'autre part.

Cette différence de 1′ doit être attribuée à la température moyenne de mars, 20° 4 plus élevée que celle de septembre 17°.

Le minimum secondaire d'octobre est causé par les orages locaux durant ce mois. En octobre 1906, on a compté sur l'horizon de Tananarive 16 orages dont 7 zénithaux; pendant ces soirées orageuses, les oscillations de la boussole s'affaiblissent légèrement.

Octobre 1906.

Jours	17	18	20	22	24	25	26
Oscillations	6′8	6′8	5′2	6′7	6′8	6′7	6′8

Le 22 décembre on observa un deuxième minimum secondaire suivi d'une perturbation le 22, et d'une baisse progressive les 23 et 24.

Décembre 1906.

Jours	20	21	22	23	24
Oscillations	9′8	6′1	11′7	6′9	5′8

La discussion de l'amplitude magnétique en 1906 met en lumière trois faits principaux : *a*) pendant la période des solstices boréal et austral l'onde diurne diminue sous l'effet de causes que nous préciserons plus loin; *b*) à l'équinoxe de mars, époque où le soleil quitte notre hémisphère austral et traverse l'équateur, cette même onde s'accentue sous forme d'un maximum principal; à l'équinoxe de septembre, elle s'élève de nouveau mais légèrement amoindrie sous l'effet de la basse température; *c*) les orages dans nos régions ont la propriété d'affaiblir l'amplitude diurne; leur influence sur les courants magnétiques est strictement locale.

Les résultats réguliers de 1906 auront l'avantage de faire ressortir les anomalies que présente 1905, année de perturbations solaires.

La courbe de l'amplitude progresse assez rapidement de janvier à mars, époque du maximum. D'après les relevés de la déclinaison que nous transcrirons ci-dessous, la plus forte oscillation se produisit le 19, ce qui correspond à deux jours avant le point équinoxial du 21 mars.

Mars 1905.

Jours	18	19	20	21	22	23	24
Oscillations	8′9	10′1	8′5	9′6	7′8	6′8	7′6

Il y a lieu de remarquer que la valeur du 19 mars 1905, 10′1, est plus faible que celle du 20 mars 1906 : 10′9.

L'onde décroît d'un mouvement rapide jusqu'en avril, mais avec lenteur en mai. L'oscillation minimum a lieu le 21 juin, veille du jour où le soleil atteignait sa déclinaison la plus boréale en 1905, ainsi que le témoignent les résultats suivants.

Juin 1905.

Jours	19	20	21	22	23	24
Oscillations	6′ 8	4′ 3	2′ 6	3′ 9	7′ 6	4′ 3

Même remarque que précédemment; la valeur 2′ 6, du 21 juin 1905 est plus faible que celle de 1906 : 3′.

La courbe remonte régulièrement jusqu'en octobre. Pourtant à la troisième décade de septembre durant laquelle a lieu le deuxième passage du soleil à l'équateur, signalons quelques valeurs élevées avec un maximum au lendemain de l'équinoxe du 23.

Septembre 1905.

Jours	20	21	22	23	24	25	26
Oscillations	7′ 7	8′ 3	9′ 0	8′ 0	9′ 8	9′ 6	9′ 3

Le résultat 9′8 en 1905 se rapproche de celui de 1906 : 9′9.

Il est essentiel d'avertir le lecteur qu'en décembre, nous obtînmes des photogrammes médiocres à cause de la mauvaise qualité du pétrole qui éclairait seulement pendant sept ou huit heures, après quoi la lampe s'éteignait. Aussi les résultats de ce mois ne doivent pas inspirer grande confiance. En certains jours de la dernière décade, quelques tracés furent cependant plus complets que d'ordinaire; nous les avons réunis ci-dessous. Le solstice eut lieu le 23 décembre.

Décembre 1905.

Jours	20	22	23	24	26
Oscillations	4′ 3	4′ 0	4′ 0	4′ 8	5′ 5

Comme on peut le constater, la valeur 4′ est très inférieure à celle du 24 décembre 1906 : 5′ 8. Cette anomalie pourrait être attribuée à la grande activité solaire, unie à la culmination de cet astre.

L'année perturbée de 1905 présente les traits caractéristiques suivants : *a*) à l'époque des solstices, équinoxes et passages du soleil au zénith, les oscillations se produisent sensiblement aux mêmes dates qu'en 1906, année calme, toutefois avec une valeur moindre; *b*) en dehors de ces époques, c'est-à-dire la majeure partie de l'année, l'amplitude magnétique a augmenté, comme le témoigne la valeur moyenne annuelle 6′ 5 plus forte que celle de 1906 : 6′1; *c*) cette croissance de l'amplitude n'a

pas été spéciale à Tananarive, mais fut observée aussi à Paris : 9′ 98 d'amplitude en 1905, et 9′ 64 en 1906.

Jusqu'ici nous avons étudié les variations diurnes de la boussole aux quatre époques de l'année qui constituent les saisons. En outre il y a lieu de rechercher, comme nous l'avons fait dans les études météorologiques, l'action exercée par le soleil traversant le zénith de la station sur l'amplitude de l'aiguille aimantée. En janvier 1905 ce passage eut lieu le 26; en novembre le 17. Voici les résultats consignés dans nos registres à cette époque, la veille, le jour même, le lendemain et le surlendemain du phénomène.

Janvier 1905.

Jours	25	26	27	28
Oscillations	8′ 9	5′ 5	5′ 2	8′ 0

Novembre 1905.

Jours	16	17	18	19
Oscillations	7′ 2	7′ 6	7′ 2	7′ 7

En 1906, le soleil passa au-dessus de nos têtes le 26 janvier et le 18 novembre.

Janvier 1906.

Jours	25	26	27	28
Oscillations	10′ 4	4′ 4	7′ 5	5′ 1

Novembre 1906.

Jours	16	17	18	19	20
Oscillations	6′ 9	5′ 7	6′ 1	5′ 1	6′ 3

D'après ces résultats assurément trop peu nombreux mais qui seront confirmés plus tard par ceux de Maurice, lorsque le soleil traverse le zénith de la station, on observe une oscillation minimum, tantôt la veille, tantôt le jour même, tantôt le lendemain.

Puisque cet astre influe aussi sur l'onde diurne de la boussole, il est intéressant de connaître quelle action exerce sur l'aimant la lune bien plus voisine de la terre, passant à notre zénith non point à de rares intervalles comme le soleil, mais au moins douze fois l'an.

Le tableau suivant contient le jour du mois où la lune est zénithale, ensuite l'oscillation de l'aimant ce jour-là, la moyenne mensuelle de l'oscillation, enfin le résultat positif ou négatif de la comparaison.

Tableau. 14 — Lune au zénith en 1905 et 1906.

Mois	Janvier	Février	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Jours 1905 .	5 janv.	1er févr.	1	24	22	18	15	12	8	5	2	26
Oscillations .	9′ 9	8′ 5	9′ 5		7′ 9	5′ 6		8′ 2	12′ 0	10′ 9	8′ 9	5′ 5
Normale . .	6′ 7	7′ 7	9′ 9	6′ 1	5′ 5	4′ 1	4′ 3	5′ 9	7′ 9	8′ 4	7′ 8	4′ 6
Différence. .	+ 3′ 2	+ 0′ 8	— 0′ 4		+ 2′ 4	+ 1′ 5		+ 2′ 3	+ 4′ 1	+ 2′ 5	+ 1′ 1	+ 0′ 9
Jours 1906 .	24	18	18	14	11	7	4	1	25	22	18	16
Oscillations .	12′ 0	7′ 2	5′ 7	9′ 6	6′ 5	5′ 4	5′ 9	4′ 3	6′ 4	6′ 7	6′ 1	5′ 2
Normale . .	4′ 7	8′ 1	8′ 1	7′ 4	5′ 7	4′ 3	4′ 0	6′ 3	7′ 0	5′ 9	6′ 4	6′ 7
Différence. .	+ 7′ 3	— 0′ 9	— 2′ 4	+ 2′ 2	+ 0′ 8	+ 1′ 1	+ 1′ 9	— 2′ 0	— 0′ 6	+ 0′ 8	— 0′ 3	— 1′ 5

D'une part, l'année 1905 indique clairement une oscillation plus forte, lors du passage de la lune au méridien de Tananarive. D'autre part, 1906 offre 6 maxima et 6 minima, donc aucune preuve n'apparaît cette année.

En présence des résultats peu concluants fournis par l'amplitude diurne, nous utiliserons non point une courte période de trois ou quatre heures comme celle de l'onde actuelle, mais une longue période de 24 heures ou diurne.

Les minima magnétiques observés précédemment en temps d'orages locaux soulèvent une question du plus haut intérêt qu'il importe d'exposer et de fixer d'une manière définitive. Dans plusieurs notes sur les variations de leur déclinomètre, le Père Secchi, MM. Desains et Descroix, avaient signalé que pendant les dépressions, le mouvement diurne de la boussole changeait entièrement d'allure.

Cette coïncidence de phénomènes mise en doute par quelques savants se vérifie d'une façon frappante aux passages des cyclones à Madagascar.

L'onde diurne des photogrammes diminue comme durant les soirées orageuses. Il est nécessaire d'apporter de nombreuses preuves à l'appui de cette assertion controversée. A cet effet nous choisirons dans nos registres une période de quatre années, de 1904 à 1907 inclusivement, comprenant 10 cyclones qui ont évolué tantôt à notre Ouest dans le canal de Mozambique, tantôt à l'Est dans l'Océan Indien. Nous donnerons les valeurs de l'oscillation, avant, pendant et après la présence du météore.

Mars 1904.

Les 21 et 22 mars 1904, un cyclone exécute sa trajectoire dans l'Océan Indien, au large de la côte orientale de Magadascar. Il ravage l'île de la

Réunion. Malgré la distance qui nous sépare du tourbillon, l'onde diurne de la déclinaison éprouve un léger minimum.

Jours	20	21	22
Oscillations	11′ 1	9′ 7	10′ 4

Décembre 1904.

Du 20 au 22 décembre, un centre de dépression passe au nord de Diégo, descend le long du canal de Mozambique et se comble au Sud-Ouest de la grande île, par suite de la sécheresse de cette région.

Jours	20	21	22	23	24
Oscillations	10′ 4	9′ 8	7′ 2	8′ 0	11′ 6

Janvier 1905.

Un centre cyclonique parcourt le canal de Mozambique du 23 au 25 janvier; il traverse la région Sud-Ouest de Madagascar à Morondava, puis le Plateau central et gagne l'Océan Indien à Farafangana.

Jours	22	23	24
Oscillation	11′ 5	7′ 0	12′ 2

Mars 1905.

Les 20, 21 et 22 mars, dépression qui passe au large de la côte orientale à Tamatave, et occasionne une forte baisse barométrique à Tananarive le 22.

Jours	19	20	21	22
Oscillations	10′ 1	8′ 5	9′ 6	7′ 8

Décembre 1905.

Le 20 décembre une dépression en voie de se combler, traverse la région Nord-Ouest de Madagascar et le Sud de Tananarive. L'oscillation de la déclinaison égala en ce jour 4′ 3.

Janvier 1906.

Du 27 au 29 janvier 1906, un cyclone évolue à la distance de 400 kilomètres de la côte orientale de Madagascar. Malgré son éloignement il influence la boussole à Tananarive.

Jours	26	27	28	29
Oscillations	4′ 4	7′ 5	5′ 1	8′ 2

Février 1906.

Deux cyclones presque simultanés circulent sur l'Océan Indien en février. Le premier aborda la côte orientale à Mahanoro le 21. Le second se comblait le 27 au large du littoral.

Jours	20	21	25	26	27	28
Oscillations	6′4	5′6	6′4	9′3	8′4	10′3

Janvier 1907.

Le 22 janvier 1907, un tourbillon venant du canal de Mozambique traverse le Sud-Ouest et le Sud de Madagascar. Il rejoint l'Océan Indien le 23.

Jours	21	22	23	24
Oscillations	8′9	7′7	6′3	7′9

Mars 1907.

Au commencement de mars, deux cyclones simultanés nous envahissent. L'un évolue dans le canal de Mozambique du 3 au 5; le second dans l'Océan Indien du 7 au 11 (déjà mentionnés précédemment, paragraphe *c*).

Jours	3	4	5	10	11	12
Oscillations	9′9	9′6	11′3	13′7	7′0	9′8

Décembre 1907.

Du 20 au 23 décembre, une dépression arrive par le canal de Mozambique, traverse le Sud de Madagascar et rejoint l'Océan Indien par Fort-Dauphin. La plus forte baisse barométrique eut lieu le 22 à Tananarive.

Jours	20	21	22	23
Oscillations	9′8	7′8	6′8	10′7

D'après les résultats de la déclinaison pendant ces dix cyclones ressentis à Madagascar, le lecteur impartial a pu se convaincre qu'ils ont occasionné une faible amplitude de la boussole, soit la veille, soit le jour même de la dépression. Une hypothèse émise plus loin expliquera ce phénomène dans une certaine mesure.

Nous résumerons rapidement les quelques effets des forces physiques et cosmiques qui agissent sur l'amplitude diurne. Un maximum se

produit aux équinoxes; en outre on en observe dans les cas suivants : aux solstices après que le soleil a traversé le zénith de la station, enfin pendant les orages et les cyclones.

Valeur moyenne mensuelle de 1905 et de 1906.

Dans le précédent paragraphe, nous avons analysé cette particularité de la déclinaison, la variation de l'onde diurne qui dure quelques heures à peine. Les faits observés à Madagascar ont démontré que la grandeur de cette onde dépendait principalement de l'action de plusieurs phénomènes se rattachant à l'astronomie, à la météorologie et à la physique du globe. Dans cette troisième partie, nous considérerons les irrégularités que présente la boussole pendant la longue période diurne de 24 heures. Comme précédemment nous en recherchons les éléments perturbateurs.

Les deux tableaux suivants 15 et 16 contiennent les moyennes diurnes mensuelles et annuelles de la déclinaison d'après les photogrammes de 1905 et 1906. Les jours où un accident s'est produit dans le magnétographe, lampe éteinte, mouvement d'horlogerie arrêté, fil de suspension du barreau brisé, stock de papier gélatino épuisé, nous avons indiqué par le signe ″ les lacunes ou les observations incomplètes.

Il importe de différencier les résultats mensuels entre 1905 année perturbée et 1906, année calme, de montrer ensuite l'altération particulière qu'éprouve le résultat diurne sous l'effet des phénomènes cosmiques et terrestres. De janvier à février 1905, la déclinaison augmente vers l'Ouest rapidement, lentement au contraire en 1906.

Pendant l'année 1905 le barreau aimanté atteint sa plus grande élongation vers l'Ouest au mois de février; il acquiert en même temps une valeur élevée. En l'année 1906 et durant ce même mois, il continue sa marche vers l'Ouest.

Dès mars 1905, la boussole rétrograde vers l'Est; elle parvient à sa plus grande élongation, en 1906, à l'Ouest.

La déclinaison d'avril 1905 continue à surpasser celle de 1906; la boussole se dirige les mois suivants vers l'Est.

TABLEAU 15. — **Valeur moyenne de la déclinaison. Année 1905.**

JOURS	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE
1	9° 53′ 4	9° 49′ 3	9° 50′ 7	»	9° 48′ 5	9° 46′ 7	»	9° 47′ 0	9° 44′ 3	9° 45′ 1	9° 40′ 9	»
2	53′ 7	51′ 7	50′ 8	»	48′ 4	45′ 7	»	45′ 9	43′ 2	44′ 8	41′ 7	9° 42′ 9
3	53′ 2	49′ 2	51′ 3	»	48′ 9	45′ 4	»	45′ 3	41′ 5	42′ 9	41′ 1	42′ 7
4	»	50′ 7	50′ 4	»	49′ 0	»	»	45′ 3	41′ 6	42′ 4	41′ 0	43′ 2
5	»	50′ 1	50′ 9	»	47′ 9	46′ 1	9° 46′ 6	45′ 8	41′ 9	43′ 1	»	»
6	53′ 5	49′ 7	51′ 7	»	48′ 0	46′ 8	47′ 2	46′ 3	41′ 0	»	39′ 1	»
7	51′ 7	49′ 4	52′ 9	9° 51′ 3	47′ 6	46′ 6	48′ 5	44′ 9	41′ 2	»	40′ 3	»
8	51′ 3	49′ 7	52′ 3	50′ 9	48′ 2	46′ 9	48′ 1	44′ 4	42′ 5	»	40′ 3	»
9	51′ 7	50′ 5	51′ 2	48′ 6	47′ 8	46′ 9	47′ 8	44′ 6	41′ 6	45′ 7	44′ 8	»
10	52′ 1	51′ 3	50′ 4	49′ 8	48′ 2	»	49′ 3	43′ 9	40′ 5	46′ 5	43′ 0	»
11	52′ 9	50′ 3	50′ 3	49′ 7	48′ 7	»	50′ 0	45′ 1	40′ 2	46′ 9	43′ 8	»
12	52′ 5	50′ 1	50′ 2	49′ 9	48′ 1	45′ 8	48′ 7	46′ 4	40′ 0	45′ 7	42′ 5	44′ 3
13	52′ 5	51′ 1	50′ 2	50′ 2	47′ 7	46′ 7	49′ 0	47′ 3	39′ 4	45′ 3	41′ 7	44′ 1
14	52′ 4	50′ 4	50′ 3	51′ 0	»	47′ 3	49′ 2	48′ 1	39′ 8	49′ 0	44′ 6	»
15	51′ 4	51′ 4	51′ 6	49′ 5	»	46′ 8	»	47′ 8	47′ 1	44′ 8	45′ 6	43′ 9
16	52′ 5	52′ 0	51′ 7	49′ 2	47′ 7	46′ 4	»	46′ 8	»	»	45′ 3	»
17	52′ 1	51′ 6	51′ 6	49′ 7	48′ 7	47′ 0	»	45′ 6	»	43′ 6	45′ 1	»
18	51′ 1	52′ 2	52′ 8	51′ 1	50′ 1	47′ 2	»	46′ 2	46′ 5	43′ 7	43′ 2	»
19	51′ 1	52′ 1	52′ 2	51′ 8	48′ 4	46′ 4	45′ 9	45′ 3	45′ 9	42′ 5	45′ 1	46′ 0
20	51′ 0	51′ 6	51′ 2	52′ 4	48′ 0	46′ 3	46′ 7	46′ 9	43′ 8	41′ 7	»	46′ 2
21	51′ 7	51′ 2	50′ 3	50′ 7	48′ 6	46′ 2	47′ 2	46′ 8	44′ 4	»	46′ 1	44′ 3
22	50′ 9	50′ 9	50′ 7	51′ 6	48′ 8	46′ 4	47′ 9	46′ 4	44′ 3	»	44′ 4	44′ 7
23	51′ 6	50′ 5	49′ 5	51′ 7	49′ 1	46′ 7	47′ 1	45′ 2	45′ 5	40′ 1	»	53′ 6
24	51′ 4	50′ 6	49′ 3	»	48′ 2	47′ 2	47′ 6	43′ 8	45′ 5	39′ 6	»	52′ 1
25	53′ 0	51′ 2	»	»	46′ 9	»	47′ 0	43′ 1	45′ 7	39′ 9	»	»
26	53′ 7	50′ 6	»	50′ 0	47′ 3	»	46′ 9	44′ 4	46′ 0	39′ 3	46′ 1	51′ 6
27	51′ 6	50′ 3	»	50′ 1	»	47′ 6	46′ 2	44′ 9	45′ 0	40′ 4	45′ 7	50′ 9
28	52′ 3	50′ 3	»	49′ 8	»	48′ 2	45′ 7	44′ 6	46′ 9	»	»	52′ 9
29	51′ 7	»	51′ 6	50′ 6	»	48′ 1	45′ 6	45′ 3	44′ 7	»	»	44′ 6
30	51′ 2		51′ 7	49′ 5	47′ 6	48′ 9	46′ 6	46′ 6	44′ 6	39′ 0	»	45′ 8
31	50′ 5		»		48′ 8		46′ 8	46′ 5		41′ 3		46′ 3
Moyenne	9° 52′ 0	9° 51′ 4	9° 51′ 0	9° 50′ 4	9° 48′ 2	9° 46′ 8	9° 47′ 4	9° 45′ 6	9° 43′ 4	9° 43′ 2	9° 43′ 3	9° 45′ 3

Perturbation. (décembre, 23–28)

Moyenne générale : 9° 47′ 1

TABLEAU 16. — Valeur moyenne de la déclinaison. Année 1906.

JOURS	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE
1		9° 38′ 8	9° 38′ 9	9° 41′ 1	9° 42′ 1	9° 40′ 3	9° 38′ 9	9° 40′ 7	9° 35′ 9	9° 39′ 4	9° 33′ 2	9° 35′ 0
2		37′ 1	41′ 2	42′ 5	42′ 7	40′ 0	39′ 0	39′ 9	37′ 3	38′ 7	34′ 5	34′ 5
3		38′ 1	40′ 2	40′ 9	40′ 1	39′ 4	38′ 3	38′ 2	37′ 9	37′ 4	33′ 7	35′ 3
4	9° 42′ 1	39′ 4	41′ 2	40′ 2	38′ 5	37′ 2	37′ 2	41′ 0	36′ 2	37′ 8	31′ 8	33′ 8
5	42′ 9	41′ 8		39′ 3	40′ 2	38′ 8	36′ 8	40′ 7	34′ 0	36′ 8	30′ 8	32′ 8
6	42′ 2	43′ 5	39′ 5	40′ 7	40′ 7	39′ 3	38′ 1	39′ 9	38′ 5	35′ 1	31′ 5	32′ 8
7	42′ 4	44′ 1	38′ 9	41′ 8	37′ 7	39′ 1	39′ 8	37′ 2	40′ 6	35′ 9	33′ 5	
8	42′ 4	42′ 7	37′ 0	42′ 7	40′ 3	38′ 8	39′ 7	36′ 5	41′ 6	34′ 4	35′ 1	35′ 2
9	42′ 5	44′ 9	40′ 2	42′ 8	41′ 0	38′ 9	39′ 6	36′ 0	41′ 9	33′ 5	35′ 7	33′ 2
10	40′ 3	44′ 8	44′ 3	40′ 1	42′ 3	40′ 5	39′ 8	37′ 3	41′ 2	34′ 5	35′ 3	33′ 2
11	42′ 4	46′ 2	45′ 7	40′ 9	40′ 5	40′ 9	40′ 2	38′ 0	43′ 7	34′ 4	35′ 9	33′ 0
12	43′ 0	45′ 1	46′ 1	41′ 2	39′ 4	41′ 1	40′ 6	37′ 6	45′ 7	34′ 3	35′ 1	32′ 0
13	42′ 8	43′ 1	46′ 5	44′ 0	38′ 2	40′ 8	39′ 2	38′ 3	39′ 2	34′ 6	33′ 5	32′ 8
14		42′ 1	45′ 8	43′ 9	34′ 5	41′ 2	38′ 4	39′ 1	39′ 0	31′ 0	35′ 5	34′ 5
15	41′ 5	42′ 8	42′ 0	44′ 2	35′ 8	40′ 6	38′ 3	39′ 9	38′ 5	29′ 7	35′ 5	32′ 0
16	42′ 0	41′ 5	43′ 3	»	37′ 5	37′ 4	39′ 0	40′ 5	38′ 1	28′ 9	31′ 8	33′ 1
17	43′ 0	41′ 5	46′ 2	44′ 8	40′ 0	35′ 8	37′ 6	38′ 3	39′ 0	29′ 9	32′ 0	34′ 2
18	39′ 5	41′ 7	45′ 9	44′ 1	40′ 1	34′ 9	38′ 4	38′ 1	38′ 9	29′ 5	31′ 1	34′ 1
19	40′ 6	41′ 3	43′ 7	43′ 5	40′ 3	35′ 8	39′ 7	38′ 8	39′ 6	31′ 8	31′ 0	33′ 6
20	40′ 5	42′ 0	44′ 9	37′ 8	40′ 4	35′ 8	38′ 9	37′ 9	38′ 2	31′ 3	32′ 2	34′ 9
21	41′ 9	43′ 4	41′ 7	»	38′ 0	35′ 9	39′ 7	35′ 8	37′ 5	26′ 3	»	35′ 7
22	40′ 4	43′ 6	40′ 6	36′ 6	38′ 7	38′ 3	38′ 0	34′ 8	40′ 1	26′ 3	29′ 5	36′ 2
23	42′ 8	42′ 6	41′ 1	38′ 4	38′ 0	40′ 5	36′ 5	35′ 5	40′ 6	30′ 7	35′ 9	33′ 5
24	39′ 5	39′ 7	42′ 8	38′ 5	38′ 6	42′ 1	36′ 8	38′ 6	36′ 4	31′ 7	34′ 2	33′ 9
25	37′ 9	40′ 4	41′ 2	38′ 2	39′ 9	41′ 5	36′ 3	40′ 0	35′ 8	29′ 8	34′ 3	35′ 5
26	39′ 6	42′ 5	40′ 5	38′ 4	40′ 6	40′ 9	35′ 8	41′ 7	35′ 6	31′ 1	33′ 8	35′ 0
27	42′ 0	43′ 2	40′ 8	40′ 4	40′ 1	41′ 2	38′ 6	38′ 4	37′ 3	29′ 5	33′ 2	32′ 5
28	»	40′ 4	»	40′ 1	39′ 1	40′ 5	41′ 5	38′ 4	39′ 1	30′ 4	33′ 9	33′ 6
29	40′ 6		»	»	38′ 6	39′ 3	41′ 0	39′ 6	39′ 6	29′ 7	35′ 0	32′ 8
30	38′ 8		42′ 4	»	38′ 6	39′ 2	41′ 7	39′ 6	39′ 3	29′ 0	32′ 5	32′ 7
31	»		41′ 8		40′ 7		41′ 6	37′ 7		32′ 7		33′ 6
Moyenne . .	9° 41′ 3	49° 42′ 0	9° 42′ 3	9° 41′ 0	9° 39′ 4	9° 39′ 2	9° 38′ 5	9° 38′ 7	9° 38′ 7	9° 35′ 3	9° 33′ 4	9° 33′ 8

Moyenne générale : 9° 38′ 5

Au mois de mai les valeurs de la déclinaison durant ces deux années diminuent d'une manière régulière vers l'Est, comme dans les observations absolues. Juin présente un minimum secondaire en 1905, en 1906, le résultat de ce mois égale sensiblement celui de mai.

On remarque un deuxième maximum secondaire au mois de juillet 1905; l'aiguille aimantée rétrograde vers l'Ouest. Un minimum se produit en juillet 1906.

Durant la période de juillet à septembre, la marche du déclinomètre diffère complètement pendant les deux années. En 1905 le barreau se meut rapidement vers l'Est; en 1906, il reste stationnaire.

De septembre à octobre, la déclinaison atteint sa déviation minimum vers l'Est. En 1906, elle donne sensiblement la même valeur pendant trois mois. Pendant le mois de novembre 1905, la boussole se dirige vers l'Ouest; en 1906, elle atteint sa déviation la plus forte à cette époque.

D'une manière générale l'activité solaire se traduit sur les boussoles par les trois traits suivants. Les maxima et minima magnétiques principaux, le minimum secondaire précèdent d'un mois ceux de l'année calme de 1906.

Les études précédentes ont démontré que certains phénomènes cosmiques et terrestres influençaient les observations absolues et passagères de la déclinaison, augmentaient ensuite l'amplitude diurne des photogrammes d'une durée plus longue; il est nécessaire de pousser plus loin encore nos investigations et de rechercher si le soleil, la lune, les cyclones et les orages exercent à leur tour une action sur la moyenne des 24 relevés horaires de la journée, dans les magnétogrammes. Nous passerons sommairement en revue les résultats obtenus durant ces phénomènes sans mentionner toutefois les jours précédents et suivants de leurs dates, déjà inscrits dans les deux derniers tableaux.

Équinoxes (1905). — Notre équinoxe automnal eut lieu le 21 mars. L'amplitude maximum arriva, comme nous l'avons vu, le 19, deux jours avant.

Or la déclinaison atteignit son maximum le 18, 9° 52′ 8; donc trois jours avant l'équinoxe et un jour avant l'amplitude.

L'équinoxe de printemps se produisit le 23 septembre; l'amplitude maximum survint le 24, donc un jour après. La valeur diurne maximum fut atteinte le 26; donc trois jours après l'équinoxe et deux jours après l'amplitude.

1906. — De nouveau l'équinoxe survint le 21 mars; l'amplitude maximum 10′ 9, le 20; donc un jour avant. La valeur maximum diurne 9° 44′ 9 se produisit aussi le 20.

L'équinoxe de printemps eut lieu le 24 septembre; l'amplitude maximum 9′ 9, les 21 et 22; donc deux et trois jours avant. Le résultat diurne maximum 9° 40′ 6 se produisit le 23; donc un jour avant.

Ces faits démontrent qu'aux équinoxes, les dates des amplitudes de la boussole ne concordent pas toujours avec celles des résultats diurnes; on relève des valeurs maxima généralement un peu avant l'équinoxe; cependant en septembre 1905, année d'activité solaire, elles eurent lieu trois jours après.

Solstices : 1905. — Le solstice de juin survint le 22. L'amplitude donne un minimum de 2′6 le 21, donc un jour avant. La valeur moyenne diurne fournit aussi le minimum de 9° 46′ 2 le 21. La date est la même dans les deux résultats.

Le solstice de décembre eut lieu le 23. L'amplitude indique un minimum de 4′ les 22 et 23, ce qui correspond à un jour avant, et le jour même. Le résultat diurne des photogrammes de la déclinaison fournit le 21 un minimum de 9° 44′ 3, soit deux jours avant.

1906. — On constate le solstice boréal à la date du 22 juin; l'amplitude la plus basse se manifesta deux jours après, le 24. Or, nous relevons dans les valeurs diurnes de juin un minimum de 9° 34′ 9 le 18, et 9° 35′ 8″ les 19 et 20; donc trois jours avant.

Le solstice austral fut signalé le 22 décembre. La journée du lendemain 23 présente une faible amplitude 6′9. On note simultanément une déclinaison moindre 9° 35′ 5.

D'après ces remarques faites à la période des solstices, les dates de l'amplitude et des minima diurnes ne concordent pas toujours, toutefois on peut conclure qu'on observe d'ordinaire une baisse vers ces époques.

Soleil au zénith (1905). — Le soleil passa au zénith de Tananarive les 26 janvier et 17 novembre. On enregistra une amplitude maximum de 5′ 2 le 27 janvier et de 7′ 2 le 18 novembre; dans les deux cas, un jour après.

Les dates des résultats diurnes de la déclinaison concordent avec celles de l'amplitude; elles fournissent un minimum de 9° 51′ 5 le 27 et 9° 43′ 2 le 18 novembre.

1906. — Le passage du soleil à notre zénith survint les 26 janvier et 18 novembre. L'amplitude minimum 4′ 4 eut lieu le 26 janvier, et 5′ 7 le 17 novembre, soit le jour même et un jour avant. Les résultats diurnes fournissent un minimum de 9° 37′ 9 le 25 janvier; donc la veille, et 9° 31′ 0 le 19 novembre, par conséquent le lendemain.

Lune au zénith. — Nous réduirons dans une même table les jours des années 1905 et 1906 pendant lesquels la lune traversa notre zénith, ensuite les résultats diurnes comparés avec la moyenne mensuelle.

TABLEAU 17. — **Influence de la lune sur la déclinaison.**

Mois.	Janv.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Jours 1905.	5	1	1	24	22	18	15	12	8	5	2	26
Val. diurne.		9°49′3	9°50′7	»	9°48′8	9°47′2	»	9°46′4	9°42′5	9°43′1	9°41′7	9°51′6
Moy. mens.	9°52′0	51′4	51′0	9°50′4	48′2	46′8	9°47′4	45′6	43′4	43′2	43′3	45′3
Différence .	»	— 2′1	— 0′3	»	+ 0′6	+ 0′4	»	+ 0′8	— 0′9	— 0′1	— 1′6	+ 6′3
Jours 1906 .	24	18	18	14	11	7	4	1	25	22	18	16
Val. diurne.	9°39′5	9°41′7	9°45′9	9°43′9	9°40′5	9°39′1	9°37′2	9°40′7	9°35′8	9°26′3	9°31′1	[illegible]
Moy. mens.	41′3	42′0	42′3	41′0	39′4	39′2	38′5	38′7	38′7	35′3	33′4	[illegible]
Différence .	— 1′8	— 0′3	+ 3′6	+ 2′9	+ 1′1	— 0′1	— 1′3	+ 2′0	— 2′9	— 9′0	— 2′3	— 0′7

Bien que l'on constate parfois des valeurs élevées dues à des perturbations ou à toute autre cause inconnue, néanmoins la majeure partie des résultats diurnes de la déclinaison manifeste une baisse à cette époque. Concluons de ces observations, que lorsque le soleil ou la lune culminent à notre zénith, ils exercent sur l'aiguille aimantée une influence qui se traduit par une valeur de la déclinaison plus faible que d'ordinaire.

Cyclones. — Les résultats suivants démontrent d'une manière certaine que les cyclones coïncident avec une marche anormale de l'aiguille aimantée; un peu avant le passage du centre au point le plus voisin de la station les moyennes diurnes de la déclinaison décroissent sensiblement.

Tableau 18. — **Influence des cyclones sur la déclinaison.**

Dates	21-22 mars 1904	20-22 déc. 1904	23-25 janv. 1905	20-22 mars 1905	20 déc. 1905
Déclinaison. . .	9° 59′ 8 le 23	9° 51′ 7 le 20	9° 50′ 9 le 22	9° 50′ 3 le 21	9° 44′ 3 le 21
Moy. mens. . .	10° 0′ 0	9° 52′ 3	9° 52′ 0	9° 51′ 0	9° 45′ 3
Différence . . .	— 0′ 2	— 0′ 6	— 1′ 1	— 0′ 7	1′ 0
Dates	21 fév. 1906	27 févr. 1906	22 janv. 1907	3-5 mars 1907	20-23 déc. 1907
Déclinaison, . .	9° 41′ 3 le 19	9° 40′ 4 le 28	9° 27′ 2 le 21	9° 31′ 5 le 6	9° 22′ 0 le 20
Moy. mens . . .	9° 42′ 0	9° 42′ 0	9° 35′ 3	9° 34′ 0	9° 22′ 4
Différence . . .	— 0′ 7	— 1′ 6	— 8′ 1	— 2′ 9	— 0′ 4

Orages zénithaux, grains et grêle. — Observé aussi bien une diminution de la déclinaison et de la pression, pendant les orages essentiellement passagers. Le tableau suivant contient les dates de quelques orages accompagnés de pluies et de coups de tonnerre, en particulier, ceux qui ont éclaté au zénith de Tananarive, ceux qui furent suivis de grains et de grêle, ensuite les résultats diurnes du déclinomètre et du baromètre, enfin la différence avec la moyenne mensuelle de la déclinaison.

Les faits ainsi coordonnés permettront au lecteur d'embrasser, du même coup d'œil, la baisse magnétique et barométrique simultanée, qui accompagne d'ordinaire les orages tropicaux.

En parcourant ce dernier tableau, le lecteur a certainement remarqué plusieurs moyennes barométriques légèrement supérieures à la moyenne mensuelle. Ce résultat assez rare s'explique facilement : 1° par le passage d'un nuage orageux de faible durée, 15 ou 20 minutes; les variations horaires barométriques qui précèdent ou suivent, étant plus élevées, masquent nécessairement la dépression dans ses détails; 2° le nuage de grêle, type cirro-nimbus, n'occasionne pas toujours une baisse barométrique considérable; sa pression au zénith de la station se manifeste tout au plus pendant quelques minutes. En pareille circonstance les décharges électriques horizontales ont lieu d'ordinaire entre les nuages eux-mêmes; on les voit rarement verticales en communication avec la terre. Ce phénomène, le moins long de tous, se traduit sur le barographe à poids par un léger crochet qui parfois ne sera point relevé dans le registre, s'il a la mauvaise fortune de se trouver justement au milieu d'un intervalle horaire.

En général, l'orage de chaleur qui se prolonge pendant une heure approximativement présente des signes précurseurs très significatifs,

TABLEAU 19. — **Influence des orages zénithaux sur la déclinaison.**

JANVIER 1905				FÉVRIER 1905				MARS 1905			
Dates.	Déc. diurne.	Différ.	Press. diurne.	Dates.	Déc. diurne.	Différ.	Press. diurne.	Dates.	Déc. diurne.	Différ.	Press. diurne.
9	9° 51′ 7	— 0′ 3	649.9	7	9° 49′ 4	— 2′ 0	646.8	4	9° 50′ 4	— 0′ 6	649.0
15	51′ 4	— 0′ 6	48.1	11	50′ 3	— 1′ 1	49.6	5	50′ 9	— 0′ 1	48.9
19	51′ 1	— 0′ 9	47.2	13	51′ 1	— 0′ 3	49.0	11	50′ 3	— 0′ 7	50.8
21	51′ 7	— 0′ 3	46.2	22	50′ 9	— 0′ 5	48.4	24	49′ 3	— 1′ 7	47.8
31	50′ 5	— 1′ 5	46.6	23	50′ 5	— 0′ 9	47.3				
				24	50′ 6	— 0 8	46.7				
				25	51′ 2	— 0′ 2	46.8				
	Moy. 9° 52′ 0″		648.1		Moy. 9° 51′ 4		648.3		Moy. 9° 51′ 0		649.0

OCTOBRE 1905				NOVEMBRE 1905				DÉCEMBRE 1905			
Dates.	Déc. diurne.	Différ.	Press. diurne.	Dates.	Déc. diurne.	Différ.	Press. diurne.	Dates.	Déc. diurne.	Différ.	Press. diurne.
26	9° 39′ 3	— 3′ 9	650.0	6	9° 39′ 4	— 3′ 9	649.6	2	9° 42′ 9	— 2′ 4	648.0
				8	40′ 3	— 3′ 0	51.6	13	44′ 1	— 1′ 2	49.6
				10	43′ 0	— 0′ 3	50.3	15	43′ 9	— 1′ 4	50.1
				18	43′ 2	— 0′ 1	48.0	29	44′ 6	— 0′ 7	47.5
	Moy. 9° 43′ 2		651.1		Moy. 9° 43′ 3		650.5		Moy. 9° 45′ 3		648.7

JANVIER 1906				FÉVRIER 1906				MARS 1906			
Dates.	Déc. diurne.	Différ.	Press. diurne.	Dates.	Déc. diurne.	Différ.	Press. diurne	Dates.	Déc. diurne.	Différ.	Press. diurne.
10	9° 40′ 3	— 1′ 0	651.8	5	9° 41′ 8	— 0′ 2	651.4	1	9° 38′ 9	— 3′ 4	645.5
22	40′ 4	— 0′ 9	48.7	17	41′ 5	— 0′ 5	46.8	3	40′ 2	— 2′ 1	47.8
30	38′ 8	— 2′ 5	45.7	19	41′ 3	— 0′ 7	46.7	7	38′ 9	— 3′ 4	50.6
				24	39′ 7	— 2′ 3	47.6	25	41′ 2	— 1′ 1	48.2
				25	40′ 4	— 1′ 6	47.1	26	40′ 5	— 1′ 8	48.8
				28	40′ 4	— 1′ 6	44.9				
	Moy. 9° 41′ 3		649.5		Moy. 9° 42′ 0		648.0		Moy. 9° 42′ 3		649.4

OCTOBRE 1906				NOVEMBRE 1906				DÉCEMBRE 1906			
Dates.	Déc. diurne.	Différ.	Press. diurne.	Dates.	Déc. diurne.	Différ.	Press. diurne.	Dates.	Déc. diurne.	Différ.	Press. diurne.
16	9° 28′ 9	— 6′ 4	651.8	16	9° 31′ 8	— 1′ 6	650.1	5	9° 32′ 8	— 1′ 0	647.9
21	26′ 3	— 9′ 0	52.3	18	31′ 1	— 2′ 3	50.1	6	32′ 8	— 1′ 0	48.8
				19	31′ 0	— 3′ 4	48.9	19	33′ 6	— 0′ 2	49.1
				22	29′ 5	— 3′ 9	49.9				
	Moy. 9° 35′ 3		651.3		Moy. 9° 33′ 4		650.7		Moy. 9° 33′ 8		649.8

le baromètre commence à baisser plus tôt que d'ordinaire, vers les 8 heures; la pente du trait formé par le style de l'enregistreur est rapide; le céraunographe fonctionne d'une manière continue. Dix ou quinze minutes avant la fin de l'orage, la colonne mercurielle remonte lentement, et ainsi la pression reste inférieure à la moyenne pendant près de douze heures. Dans ce cas le phénomène est toujours accompagné d'une baisse barométrique.

Comparaison des résultats magnétographiques de Maurice et de Tananarive.

M. Claxton, ancien directeur de l'observatoire de Maurice, a relevé dans une brochure (*Mauritius magnetical reductions*, 1899) les résultats de son magnétographe. Ce travail extrêmement précis qui comprend seize années de fonctionnement de l'instrument, de 1875 à 1890, vérifiera et confirmera nos moyennes mensuelles de trop courte durée, comme aussi plusieurs de nos remarques personnelles. A l'aide de ce précieux document : 1° nous comparerons d'abord les résultats mensuels de la déclinaison entre les deux observatoires de Maurice et de Tananarive; 2° ensuite nous rechercherons si les perturbations d'origine cosmique et terrestre sont ressenties en dehors de Madagascar; 3° enfin des photogrammes synchroniques démontreront une marche analogue dans les deux stations. Il est essentiel de noter que Maurice se trouve situé à 57 mètres d'altitude au-dessus du niveau de la mer, Tananarive 1.375 mètres; la distance verticale qui sépare les deux instruments s'élève à 1.100 kilomètres approximativement.

Janvier. — L'aiguille aimantée de Maurice atteint la valeur moyenne à 0 heure; celle de Tananarive à 1 heure; elle parvient à son maximum vers l'Ouest à 7 heures, formant un angle de 2′ 7 dans le premier lieu; à 8 heures avec un angle occidental de 3′ 4 dans le second lieu. Le minimum vers l'Est se produit dans les deux stations à 14 heures; dans la première avec un angle de 2′ 5; dans la seconde avec un angle de 2′ 1. L'amplitude égale 5′ 2 à Maurice, et 5′ 7 à Tananarive.

Le maximum secondaire observé ici à 18 heures ne se forme pas ailleurs.

Février. — Le passage de la boussole à la valeur moyenne a lieu à 23 heures dans la station inférieure, et à 0 heure dans la station supérieure.

Là-bas on observe le maximum à 9 heures, avec un angle de déviation de 3′ 1; ici, à 8 heures et avec un angle de 4′ 4. Le minimum des deux déclinomètres se manifeste à 14 heures. L'angle oriental égale 3′ dans le premier instrument, 3′ 5 dans le second. L'amplitude s'élève à 6′ 1 à Maurice et 7′ 9 à Tananarive.

Mars. — Le barreau aimanté passe à la valeur moyenne à 19, 20 et 22 heures dans la station inférieure, à 3 heures et 4 heures dans la station supérieure.

De part et d'autre il atteint son maximum à 9 heures, mais avec des angles différents; 3′ 1 à Maurice, 5′ 3 à Tananarive. Même coïncidence d'heures du minimum, 14 heures; la baisse égale 3′ 2 au premier endroit, 3′ 6, dans le second. L'amplitude acquiert comme plus grande valeur dans ces deux lieux, 6′ 3 dans l'île Maurice, 9′ dans les hauts plateaux de Madagascar.

Avril. — Les deux déclinomètres persistent dans la valeur de la moyenne diurne depuis 23 heures jusqu'à 7 heures. Le maximum vers l'Ouest a lieu vers 10 heures à Maurice, vers 9 heures à Tananarive; l'angle de déviation n'est que 2′ 7 au premier point et 4′ 2 dans le second. Le minimum vers l'Est se manifeste à 14 heures dans la station inférieure, à 14 et 15 heures dans la supérieure. On constate là-bas un angle de 2′, ici de 2′4. Un minimum secondaire à 21 heures d'une part, à 23 d'autre part. L'amplitude est de 4′ 7 dans la petite île, et de 6′ 7 dans la grande île.

Mai. — Depuis 0 heure jusqu'à 1 heure, l'aiguille aimantée de Maurice indique la valeur moyenne diurne; celle de Tananarive ne passe à ce point qu'à 7 h. 30. A 7 heures les deux instruments marquent simultanément un minimum secondaire; à 10 heures un maximum principal. L'angle de déviation occidentale égale 2′ 3 dans la station basse, et 3′ 5 dans la station élevée. Troisième simultanéité des deux aimants passant au minimum à 15 heures; angle de 1′8 dans les régions basses, et 2′ 5 dans

les régions supérieures. L'amplitude diurne égale 4′ 1 au premier point, 5′6 au second.

Juin. — La boussole de Maurice occupe la valeur moyenne diurne de 0 heure à 1 heure; celle de Tananarive à 8 heures. Le premier endroit ressent un minimum secondaire à 7 heures; le second dès 3 heures. La plus forte élongation vers l'Ouest se manifeste là-bas à 11 heures; ici à 10 heures; l'angle égale 1′ 4 d'une part, et 2′ 2 d'autre part. L'heure du minimum, 15 heures, est la même dans les deux stations; la première observe un angle de 1′ 5, la seconde 2′.

L'amplitude est de 2′ 9 à Maurice et de 4′ 2 à Tananarive. On constate un léger maximum à 19 et 20 heures là-bas, de 18 à 21 heures ici.

Juillet. — Le déclinomètre de Maurice passe à sa valeur moyenne à 1 heure; celui de Tananarive un peu avant, à 22 et 23 heures. Les deux instruments marquent un minimum secondaire à 13 heures. Le maximum principal se manifeste à 11 heures dans la région basse, à 10 et 11 heures dans la région élevée; l'angle occidental est de 1′ 7 au premier lieu, 2′ 2 au second. Le minimum principal a lieu simultanément à 15 heures, avec des angles sensiblement égaux, — 1′ 7 là-bas, — 1′ 8 ici, l'amplitude diurne mesure 3′ 4 d'une part, et de 4′ 1 d'autre part. Un maximum secondaire survient à 19 et 20 heures au premier endroit, à 18 heures au second.

Août. — La valeur moyenne diurne survient à 2 heures à Maurice, à 19 et 20 heures à Tananarive. Un minimum secondaire, le maximum et le minimum principal se produisent respectivement aux mêmes heures dans les deux instruments, à 7 heures, puis 11 heures, enfin 16 heures. Les angles de déviation indiquent 2′ 7 dans le poste inférieur, 3′ 3 dans le poste supérieur vers l'Ouest, 2′ 2 d'une part et 2′ 8 d'autre part vers l'Est. L'amplitude du premier lieu est de 4′ 9, et du second 6′ 1. Là-bas maximum secondaire à 19, 20 et 21 heures; ici, à 19 et 20 heures.

Septembre. — La boussole de déclinaison de Maurice arrive à sa valeur diurne de 1 heure à 3 heures inclusivement, celle de Tananarive vers 7 h. 50. On observe un minimum secondaire à 7 heures dans le premier endroit, à 6 heures dans le second. La déviation maximum occidentale a lieu à 19 heures là-bas, à 10 heures ici. L'angle est de 2′ 8 à la

station inférieure, de 4′ 5 à la station supérieure. Le minimum se produit à 15 heures et 16 heures d'une part, à 16 heures d'autre part. L'aiguille dévie vers l'Est de — 2′ 2 dans la petite île, de — 2′ 9 dans la grande île. L'amplitude mesure 5′ au premier endroit, 7′ 4 au second. Léger maximum secondaire à 22 et 23 heures à Maurice, et à 21 heures à Tananarive.

Octobre. — A Maurice le barreau aimanté passe à sa valeur moyenne à 21 et 22 heures; à Tananarive de 3 heures à 5 heures. Un maximum secondaire apparaît à 5 heures au premier point, et est suivi d'un faible minimum. Cette légère ondulation ne se produit pas ici. Le maximum principal se manifeste à la même heure, 10 heures, dans les deux stations. L'angle de déviation vers l'Ouest égale 2′ 4 au poste inférieur et 3′ 8 au poste élevé. De nouveau le minimum principal a lieu à la même heure, 14 heures, avec une baisse vers l'Est de — 3′ 1 là-bas, et de — 3′ 5 ici. L'amplitude de Maurice est de 5′ 5, celle de Tananarive 7′ 1.

Novembre. — Le déclinomètre de Maurice se trouve à sa valeur moyenne à 11 heures et 22 heures; celui de Tananarive à 1 heure, 2 heures, 11 heures, 19 heures. On observe le maximum principal vers l'Ouest à 7 heures dans la première région, à 8 heures dans la seconde. La boussole dévie de 2′ 7 dans le premier lieu et de 4′ dans le deuxième. La plus forte baisse vers l'Est a lieu simultanément dans les deux observatoires à 14 heures, avec un angle de 2′ 9 là-bas et 3′ ici. L'amplitude de la basse station mesure 5′ 6, celle de la station élevée 7′ 1. Léger maximum secondaire à 23 heures, 0 heure, 1 heure d'une part, à 18 heures d'autre part.

Décembre. — L'aiguille aimantée atteint sa valeur moyenne diurne à 23 et 11 heures à Maurice, 0 heure et 3 heures à Tananarive. Le maximum survient à 7 heures dans le premier lieu, à 8 heures dans le second. L'angle de déviation occidentale s'élève à 2′ 6 dans la petite île, à 3′ 4 dans la grande île.

On observe simultanément le minimum à 14 heures. L'angle vers l'Est mesure — 2′ 5 au premier endroit et — 2′ 2 dans le second. L'amplitude égale 5′ 1 à Maurice, 5′ 8 à Tananarive. Ce dernier point constate seulement un minimum secondaire à 18 et 19 heures.

D'une manière générale, la boussole à Maurice persiste légèrement

au-dessus de la moyenne de 19 heures à 3 heures; à Tananarive elle occupe une direction orientale presque constante de 18 heures à 4 heures. Dans la première station l'ascension vers l'Ouest s'accentue depuis 4 heures à 10 heures sous un angle de 1′ 9. Dans la deuxième station, hausse de 5 à 10 heures, avec angle plus fort de 2′ 8. Le minimum a lieu à 15 heures dans les deux observatoires, l'angle est aussi sensiblement égal aux deux endroits, — 2′ 3 d'une part, — 2′ 4 d'autre part. L'amplitude totale s'élève à 4′ 2 dans la station inférieure, à 6′ 3 dans la station élevée; ce dernier fait constaté déjà au magnétographe du Pic du Midi, 2.867 mètres et de Bagnères 547 mètres, démontre que la pression atmosphérique et la gravitation influent sur les oscillations diurnes mensuelles et passagères de la boussole. De même que le baromètre doit être réduit au niveau de la mer dans le tracé des isobares, de même la boussole devrait être réduite aussi à l'altitude 0 mètre dans le tracé des isogones, en toute rigueur.

Enfin, les deux stations éprouvent un léger maximum dès 19 heures.

Dans les paragraphes précédents, nous avons conclu d'après deux années d'observations que l'onde diurne de la boussole, à Madagascar, s'amplifiait aux deux équinoxes, se contractait au contraire aux deux solstices et aux deux passages du soleil au zénith. Or, le tableau suivant, extrait des nombreuses observations magnétiques de Maurice, confirme l'exactitude de nos déductions.

En résumé, il ressort des résultats de ce tableau que si l'effet amplificateur ou réducteur de l'onde diurne ne se vérifie pas le jour même du phénomène, pour une cause quelconque, on peut être assuré qu'il a lieu pendant les deux jours qui précèdent ou suivent la date assignée.

Dans la série de questions intéressantes que nous avons soulevées et pu vérifier grâce aux excellents résultats de Maurice, il en est une autre importante qui demande nouvelle confirmation, à savoir l'influence des cyclones sur les variations diurnes de la déclinaison magnétique. Parmi les résultats du déclinomètre de Maurice, qui embrassent une longue période de quinze ans, il est facile de choisir 10 fortes perturbations atmosphériques ressenties dans cette île ou dans son voisinage immédiat.

TABLEAU 20. — **Observations magnétiques de Maurice.**

	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890
I. — *Équinoxes.* **21 mars.**	7′7 le 23	7′0 le 22	7′9 le 23	9′3 le 22	5′0 le 21	8′1 le 19	6′7 le 20	7′6 le 19	12′6 le 21	8′8 le 23	8′6 le 23	8′5 le 22	7′5 le 21	8′5 le 21	8′8 le 21	6′9 le 22
23 septembre.	5′8 le 24	6′6 le 23	7′7 le 23	6′2 le 22	6′2 le 24	10′1 le 22	3′6 le 21	4′3 le 21	11′1 le 21	9′3 le 21	5′2 le 23	6′7 le 23	11′1 le 25	8′2 le 23	7′4 le 21	7′3 le 22
II. — *Solstices.* **21 juin.**	2′3 le 19	2′7 le 22	2′6 le 21	4′0 le 19	3′1 le 21	3′2 le 21	2′1 le 20	1′5 le 22	2′5 le 20	3′8 le 22	3′3 le 23	2′8 le 19	2′6 le 20	3′6 le 20	3′0 le 20	2′6 le 20
22-23 décembre.	4′5 le 23	6′4 le 20	4′0 le 22	2′7 le 21	4′5 le 20	4′7 le 22	3′7 le 21	» »	5′1 le 24	4′3 le 20	6′4 le 20	3′3 le 20	4′3 le 22	5′6 le 20	4′7 le 22	7′9 le 22
III. — *Soleil au zénith.* **21 janvier.**	4′2 le 18	» »	3′6 le 23	3′8 le 20	3′9 le 22	3′0 le 22	4′1 le 23	4′9 le 20	3′4 le 19	5′5 le 20	9′3 le 19	6′1 le 19	2′4 le 20	3′1 le 21	2′1 le 21	6′0 le 22
22 novembre.	4′5 le 21	4′3 le 22	6′8 le 21	3′1 le 21	3′2 le 22	7′2 le 23	2′1 le 24	2′4 le 21	7′4 le 23	7′5 le 22	7′4 le 22	3′8 le 22	6′2 le 20	4′6 le 23	3′3 le 20	6′2 le 21

9 janvier 1876.

Cyclone passant entre Maurice et la Réunion.

Jours	6	7	8	9
Oscillations	5′3	3′0	4′8	6′0

18, 19 février 1876.

Cyclone passant au Nord de Maurice.

Jours	16	17	18	19
Oscillations	9′1	6′6	3′6	5′1

10 février 1877.

Cyclone traversant l'Est de Maurice.

Jours	6	7	8	9	10
Oscillations	3′8	2′6	4′2	5′7	6′8

26 février 1879.

Cyclone à l'Est de Maurice.

Jours	23	24	25	26	27
Oscillations	6′1	9′7	7′1	4′7	6′1

19 décembre 1879.

Cyclone contourne le Nord-Est et l'Est de Maurice.

Jours	17	18	19	20	21
Oscillations	8′6	5′7	6′2	4′5	6′7

18 décembre 1880.

Cyclone s'infléchissant au Nord de Maurice et à l'Ouest de la Réunion.

Jours	15	16	17	18	19
Oscillations	4′6	3′7	3′9	4′5	5′7

8 février 1882.

Cyclone passe à l'Est de Maurice.

Jours	6	7	8	9	10
Oscillations	6′2	4′6	4′3	2′3	2′7

6, 7 décembre 1883.

Cyclone s'infléchissant au Nord de Maurice, puis à l'Est de la Réunion.

Jours	5	6	7	8	9
Oscillations	12′0	9′5	7′7	7′7	5′2

12 décembre 1885.

Cyclone traversant l'Est de Maurice.

Jours	10	11	12	13	14
Oscillations	8′5	8′1	7′7	7′5	6′4

15, 19 décembre 1890.

Cyclone traversant le Nord de Maurice, se dirigeant au Nord-Est de Madagascar.

Jours	15	16	17	18	19	20
Oscillations	10′6	7′7	6′8	6′1	5′5	6′0

De ces faits nombreux il résulte que presque toujours un maximum précède la dépression et qu'un minimum accompagne d'ordinaire le voisinage du centre. Ces deux phases réunies paraissent même constituer

un pronostic de tempête aussi certain que la baisse barométrique, ce qui confirme l'exactitude des remarques du Père Secchi et autres observateurs. Avant de clore ce paragraphe, le moment paraît opportun de répondre à plusieurs questions différées jusqu'ici, et d'émettre quelques hypothèses.

a) Comment expliquer cette étroite relation entre l'aiguille aimantée et les grandes perturbations atmosphériques? Voici ce que semble suggérer l'analyse des faits.

Considérons la zone voisine du centre du cyclone qui embrasse une grande superficie; le vent violent élève l'air saturé de vapeurs, lui faisant décrire des spirales; des particules aériennes produisent par frottement de l'électricité; voilà pourquoi cette région nuageuse de faible hauteur (?), en particulier l'arrière du centre, est très souvent accompagnée de phénomènes orageux [1].

L'aiguille du déclinomètre, véritable galvanomètre enregistreur, comme nous l'avons déjà signalé à propos des orages, est nécessairement influencée même à grande distance par cette accumulation d'importantes quantités d'électricité qui neutralisent les courants magnétiques terrestres.

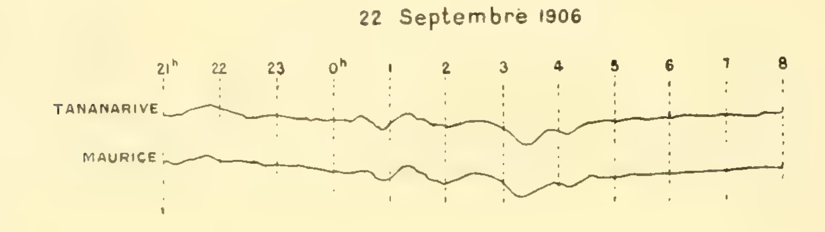
b) On pourrait encore expliquer d'après des principes et faits connus les variations extrêmes de la boussole, aux diverses déclinaisons du soleil. Durant les deux époques des équinoxes, l'action solaire se répartit uniformément sur les différents parallèles de la surface du globe; les courants terrestres d'origine thermo-électrique se surajoutent avec ceux qu'émet cet astre, d'où augmentation de magnétisme.

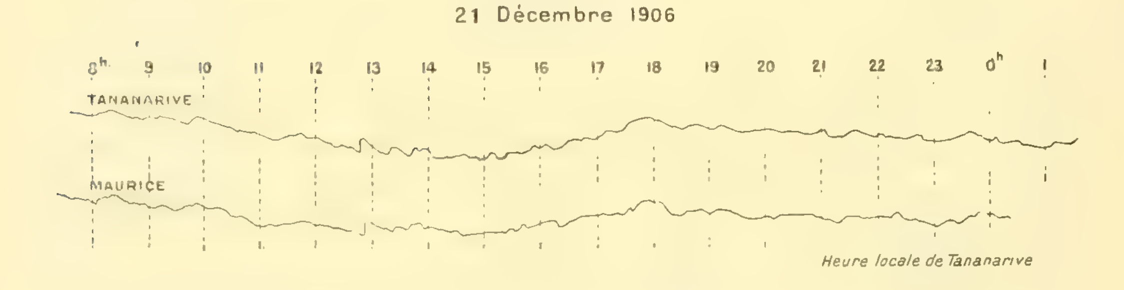
Au solstice de juin, le soleil parvenu à sa plus forte déclinaison boréale amène sous nos latitudes de basses températures qui amoindrissent l'intensité du champ magnétique. Au solstice de décembre, les courants terrestres d'Est à Ouest sont influencés par des courants électriques situés dans les nuages supérieurs de notre atmosphère, cirrus, cirro-stratus, cumulo-nimbus, de direction Nord-Ouest à Sud-Est, donc sensiblement opposée à celle des courants terrestres. Dans ce cas de courants aériens

[1] Je laisse au P. Colin toute la responsabilité de cette opinion que je ne saurais partager sans réserve. (C. P.)

et terrestres de sens non entièrement contraires et presque parallèles, tout le système de forces électriques et magnétiques tend à devenir statique, ce qui implique une diminution du champ magnétique en décembre.

c) Puisque le soleil culmine au zénith de la station en novembre et janvier, cette dernière hypothèse s'applique intégralement au minimum de déclinaison observé durant ces deux époques.





Après avoir essayé de rendre compte passagèrement des perturbations causées par le soleil et quelques facteurs terrestres, nous exposerons un dernier et essentiel rapprochement entre les deux magnétographes de Tananarive et de Maurice.

L'étude comparative entre les résultats de la déclinaison à Tananarive et à Maurice serait tout à fait incomplète, croyons-nous, si elle n'était corroborée par quelques photogrammes obtenus le même jour dans les deux stations. Nous choisirons à cet effet non point des journées calmes qui donnent un tracé uniforme applicable indistinctement à une station quelconque, mais plutôt des jours troublés pendant lesquels l'aiguille présente une allure mouvementée, par exemple les 22 septembre et 21 dé-

cembre 1906, les 31 octobre et 1er novembre 1903, perturbation ressentie dans tous les magnétographes et les lignes télégraphiques du globe. Malgré la réduction des diagrammes de Maurice, prise sur une copie à défaut de l'original, on reconnaîtra sans peine que les deux courbes de la déclinaison offrent une similitude frappante. Les diagrammes de Maurice sont extraits des bulletins annuels de cet observatoire. Pour faciliter leur comparaison avec ceux de Tananarive, ils ont été réduits à la même échelle et à la même heure que cette dernière station.

§ 3. — BOUSSOLE DU BIFILAIRE

Remarques préliminaires.

Ce serait une illusion de croire que, dans le bifilaire, la distance des lignes fixe et mobile dont la valeur est déterminée par les observations absolues, reste invariable sous les tropiques, alors même que l'on ne touche ni à la vis de réglage de la sensibilité des deux fils, ni au miroir lui-même. Un simple coup d'œil sur les moyennes annuelles du tableau intitulé : Composante horizontale, page 228, suffit à montrer que dans nos régions cet élément diminue d'année en année; par suite la courbe supérieure du miroir du mobile bifilaire se rapproche, chaque jour et chaque mois de l'année, de la droite fixe inférieure.

De plus lorsqu'on exécute même chaque semaine des observations absolues, on est surpris des changements bizarres que présente ici la composante horizontale, malgré le soin apporté aux expériences. Tantôt, les oscillations pendulaires ont une durée inégale d'une semaine à l'autre; tantôt l'angle de déviation des deux barreaux aimantés diffère légèrement, soit par suite de la torsion du fil de soie d'araignée exposée à des conditions hygrométriques variables, soit de la température différente à huit jours d'intervalle, soit par le nettoyage indispensable des aimants avec la peau de chamois dont la friction suffit à altérer légèrement le moment magnétique, soit à cause de la perte d'aimantation des barreaux avec le temps, soit sous l'effet de changements de couches géologiques.

Dans le bifilaire, enregistreur correspondant à l'instrument précédent et véritable pendule de torsion, ces causes de perturbations inhérentes à l'appareil lui-même apparaissent en plus grand nombre et avec des conséquences capables d'affecter profondément la précision des résultats. D'abord, torsion d'un double fil, afin d'orienter le barreau sur le premier vertical magnétique, alors que, dans le théodolite Brünner la torsion s'opère avec un seul fil; cette résistance sujette doublement à l'état hygrométrique aurait l'inconvénient de surpasser parfois la force du champ magnétique Nord-Sud, ou du moins de l'affaiblir, si l'on n'avait soin de régler la sensibilité de l'instrument; en outre, la torsion peut changer avec le temps et les conditions hygrométriques; ajoutons encore la différence de température du barreau du bifilaire enfermé dans la chambre obscure et celle du théodolite exposé à l'air libre et à une température différente; l'altération du champ magnétique Nord-Sud par quelque courant tellurique passager de même direction; la difficulté d'abriter le barreau de l'enregistreur contre l'humidité et l'oxydation, de le mettre à l'abri de la poussière et des insectes qui pénètrent dans l'intérieur de la cage par l'ouverture des fils de suspension, enfin, les graves déformations hygrométriques des photogrammes; le papier au gélatino-bromure éprouve un allongement dans les bains développateurs et fixateurs, puis un retrait au séchage; par suite de ce jeu, et des feuilles qui ne proviennent pas toujours du même rouleau de papier, le quadrillage en centimètres des heures inscrites sous forme de lignes droites blanches, ne concorde pas d'une manière précise avec les divisions en centimètres et millimètres de la plaque de verre. Ces déformations expliquent la difficulté de l'assemblage de deux feuilles contiguës; la courbe finale du jour même et l'initiale du lendemain diffèrent parfois de 1 millimètre malgré la rapidité des changements de papier. Encore un détail; la graduation de l'instrument à quelques jours d'intervalle et à la même heure ne donne pas des résultats identiques. Toutes ces difficultés, on le comprend, rendent la ligne de repère essentiellement variable.

On a proposé diverses solutions pour corriger ces inévitables sources

d'erreurs. La méthode la plus suivie consisterait à exécuter une expérience absolue au moment où la ligne de repère et la courbe coïncident exactement, c'est-à-dire au point zéro; il est évident qu'on éliminerait de la sorte toute erreur de lectures en millimètres; mais cette position de la ligne de repère enclavée au milieu de variations de la courbe complique les calculs à cause des valeurs tantôt positives, tantôt négatives; elle est de plus essentiellement instable par suite de la variation diurne et annuelle des fréquentes perturbations. Amener à chaque graduation le miroir fixe sur cette position ne remplirait pas le but, puisqu'en règle générale, l'on doit toucher le moins possible aux instruments une fois installés et réglés.

Quelques-uns prennent la moyenne générale des observations absolues ou à lecture directe et adoptent ce résultat comme valeur de l'ordonnée moyenne annuelle; ils corrigent par ce procédé la ligne de repère fixe. Une grave difficulté surgit à la fin des calculs mensuels.

La correction de décembre ne concorde plus avec l'initiale de janvier suivant. On se trouve dès lors dans la nécessité de retoucher l'un ou l'autre mois aux fins de raccord.

D'autres suivent une méthode plus longue et peut-être moins sujette à erreur; c'est celle que nous suivons. D'après les résultats de la graduation du déclinomètre pendant l'année, la valeur du millimètre de l'ordonnée reste elle-même assez constante à Tananarive, tandis que celle du bifilaire change. En pareil cas, on résout la difficulté de la manière suivante. En admettant que la variation est régulière et proportionnelle au temps, c'est-à-dire que l'aimant perturbé revient d'ordinaire avec lenteur à sa position primitive, on compare la valeur du point de repère déterminée par la dernière observation absolue avec la valeur antérieure; on divise la différence par le nombre de jours écoulés et on répartit de cette manière l'erreur ou bien sur chaque jour de la semaine, lorsque la courbe reprend progressivement son uniformité ou bien seulement sur les quelques journées troublées.

Comme nous l'avons déjà fait pour la boussole de déclinaison, nous indiquerons : 1° la variation annuelle de l'intensité en 1905 et 1906;

2° l'amplitude mensuelle moyenne de cet élément; 3° la valeur mensuelle moyenne de ces deux années; 4° nous comparerons les deux diagrammes de la composante à Tananarive avec Maurice, Manille et Paris.

TABLEAU 21. — **Variation diurne**

MOIS	0 H.	1 H.	2 H.	3 H.	4 H.	5 H.	6 H.	7 H.	8 H.	9 H.	10 H.
Janvier.	— 02	— 01	— 02	0	0	— 01	+ 01	+ 04	+ 07	+ 08	+ 10
Février.	— 02	0	— 06	— 05	0	0	0	+ 01	+ 02	+ 04	+ 09
Mars.	— 01	— 01	— 01	0	0	0	0	0	+ 01	+ 03	+ 07
Avril.	0	+ 02	+ 03	+ 04	+ 03	+ 02	+ 02	+ 02	+ 01	+ 04	+ 05
Mai	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Juin.	— 07	— 05	— 05	— 03	— 02	0	+ 01	+ 05	+ 07	+ 08	+ 07
Juillet	— 08	— 05	— 04	— 04	— 02	— 01	— 01	+ 03	+ 12	+ 15	+ 14
Août.	— 08	— 06	— 05	— 03	0	0	+ 02	+ 04	+ 14	+ 15	+ 12
Septembre . . .	— 04	— 04	— 02	— 03	— 03	— 01	— 01	+ 03	+ 11	+ 12	+ 13
Octobre	— 07	— 06	— 06	— 06	— 06	— 05	— 04	— 02	+ 05	+ 08	+ 13
Novembre . . .	— 04	— 04	— 02	— 03	— 05	— 03	— 01	— 01	+ 06	+ 14	+ 14
Décembre. . . .	— 07	— 06	— 07	— 06	— 06	— 07	— 02	0	+ 05	+ 10	+ 14
Moyenne	— 04	— 03	— 03	— 02	— 02	— 01	0	+ 01	+ 06	+ 09	+ 10
Variation diurne du bifilaire											
Janvier.	— 03	— 01	— 02	— 04	0	— 01	0	+ 03	0	+ 06	+ 11
Février.	+ 02	0	+ 05	+ 07	+ 05	+ 05	+ 06	+ 10	+ 01	+ 06	+ 08
Mars.	— 07	— 05	— 07	— 05	— 05	— 06	— 01	— 09	+ 03	+ 06	+ 11
Avril.	0	0	0	+ 02	+ 02	+ 01	+ 01	+ 03	+ 01	+ 02	+ 02
Mai	0	+ 01	0	0	0	+ 01	+ 02	+ 05	+ 03	+ 04	+ 06
Juin.	— 01	— 01	0	0	+ 01	+ 02	+ 03	+ 06	+ 05	+ 06	+ 06
Juillet	— 03	— 02	— 01	0	0	+ 02	+ 03	+ 06	+ 05	+ 07	+ 07
Août.	— 01	— 01	0	0	+ 01	+ 02	+ 04	+ 07	+ 06	+ 06	+ 05
Septembre . . .	0	+ 01	+ 02	+ 02	+ 02	+ 01	+ 02	+ 04	+ 04	+ 07	+ 07
Octobre	— 01	0	0	+ 01	0	+ 01	+ 02	+ 05	+ 02	+ 06	+ 10
Novembre . . .	— 01	0	0	+ 01	0	0	0	+ 03	— 03	+ 04	+ 10
Décembre . . .	+ 01	0	0	0	+ 01	0	+ 01	+ 05	+ 04	+ 06	+ 08
Moyenne. . . .	— 01	0	0	0	0	0	+ 02	+ 03	+ 02	+ 05	+ 07

Les résultats précédents peuvent être étudiés sous un double point de vue, ou bien suivant l'année civile de janvier à décembre ou mieux encore, suivant l'année météorologique, c'est-à-dire d'après l'ordre des saisons. Nous analyserons ces deux cas.

Année civile. — Durant les jours calmes, on remarque dans les diagrammes du bifilaire une oscillation unique de l'aimant, assez semblable à celle du déclinomètre; toutefois, les heures du maximum et du minimum, les passages du barreau à la hauteur moyenne diurne diffèrent sensiblement. Ainsi, l'aimant décrit avec rapidité une courbe ascendante, de 6 heures à 11 heures, soit un intervalle de temps de cinq heures.

A partir de 11 heures, moment du maximum, il redescend avec plus de lenteur qu'il n'était remonté, se trouve à la moyenne diurne vers 15 heures, parvient enfin au minimum à 17 et 18 heures; cette dernière

du bifilaire pour chaque mois de 1905.

11 H.	12 H.	13 H.	14 H.	15 H.	16 H.	17 H.	18 H.	19 H.	20 H.	21 H.	22 H.	23 H.
+ 10	+ 07	+ 05	+ 02	0	— 02	— 02	— 02	— 03	— 04	— 03	— 03	— 03
+ 09	+ 07	+ 04	+ 03	+ 01	— 01	— 02	— 04	— 04	— 05	— 03	— 03	— 02
+ 11	+ 11	+ 09	+ 04	0	— 02	— 03	— 03	— 03	— 03	— 03	— 04	— 03
+ 08	+ 13	+ 07	0	— 02	— 02	— 06	— 06	— 04	— 05	— 06	— 06	— 03
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
+ 11	+ 10	+ 06	+ 01	— 03	— 03	— 02	— 01	— 02	— 04	— 04	— 05	— 03
+ 12	+ 12	+ 10	+ 05	0	— 06	— 08	— 07	— 07	— 05	— 06	— 05	— 07
+ 10	+ 08	+ 08	+ 03	— 01	— 06	— 08	— 06	— 03	— 04	— 05	— 04	— 02
+ 13	+ 11	+ 06	0	— 03	— 04	— 06	— 05	— 05	— 04	— 03	— 02	— 02
+ 17	+ 17	+ 15	+ 10	+ 03	+ 01	— 02	— 05	— 04	— 06	— 05	— 04	— 03
+ 11	+ 13	+ 08	+ 04	0	— 04	— 04	— 04	— 04	— 05	— 07	— 03	— 02
+ 15	+ 11	+ 07	+ 03	0	— 02	— 02	— 02	— 04	— 04	— 05	— 05	— 06
+ 11	+ 10	+ 08	+ 03	0	— 02	— 04	— 04	— 04	— 04	— 04	— 04	— 03
pour chaque mois de 1906.												
+ 11	+ 07	+ 05	+ 03	0	— 01	— 03	— 05	— 04	— 04	— 04	— 05	— 03
+ 11	+ 11	+ 07	+ 02	— 01	— 01	— 03	— 06	— 04	— 02	— 02	— 02	— 03
+ 13	+ 15	+ 11	+ 08	+ 04	+ 01	+ 03	+ 02	+ 01	0	0	— 01	— 01
+ 04	+ 07	+ 05	0	0	— 01	— 02	— 03	— 03	— 02	— 03	— 04	— 03
+ 07	+ 05	+ 01	— 01	— 03	— 05	— 05	— 04	— 04	— 03	— 03	— 02	— 01
+ 06	+ 05	+ 01	— 01	— 03	— 04	— 03	— 02	— 02	— 03	— 02	— 02	— 02
+ 08	+ 06	+ 05	+ 01	— 02	— 05	— 05	— 04	— 04	— 05	— 05	— 04	— 03
+ 05	+ 04	+ 04	+ 02	0	— 04	— 06	— 04	— 04	— 05	— 05	— 04	— 03
+ 09	+ 11	+ 06	+ 02	— 04	— 07	— 07	— 06	— 06	— 06	— 06	— 04	— 02
+ 14	+ 13	+ 09	+ 05	— 01	— 05	— 09	— 10	— 08	— 08	— 07	— 05	— 02
+ 12	+ 11	+ 07	+ 03	— 02	— 05	— 07	— 08	— 06	— 06	— 05	— 03	— 02
+ 08	+ 08	+ 05	+ 04	+ 01	— 06	— 06	— 05	— 04	0	— 01	— 01	0
+ 09	+ 08	+ 05	+ 02	0	— 03	— 04	— 04	— 04	— 03	— 03	— 03	— 02

dépression dure d'ordinaire six heures. Une faible ascension se produit ensuite sous forme de saccades périodiques régulières. Le barreau remonte successivement d'une division de la 5e décimale à 19, 23, 1 et 4 heures; il reste stationnaire de 19 à 22 heures, de 23 à 0 heure, de 1 à 3 heures et de 4 à 6 heures; à ce dernier moment il occupe un endroit de l'horizon égal à la moyenne diurne.

Année météorologique. — Le tableau suivant 23 contient les valeurs de l'onde diurne du bifilaire, moyennes des années 1905 et 1906, ensuite pendant le mois de mars de ces mêmes années. Les résultats composés de quantités assez semblables se groupent ainsi d'une manière métho-

TABLEAU 22. — **Variation diurne du bifilaire. —**

MOIS	0 H.	1 H.	2 H.	3 H.	4 H.	5 H.	6 H.	7 H.	8 H.	9 H.	10 H.
Janvier.	— 02	— 01	— 02	— 07	0	— 01	0	+ 03	+ 03	+ 07	+ 10
Février.	0	0	0	+ 01	+ 02	+ 02	+ 03	+ 05	+ 01	+ 05	+ 08
Mars.	— 04	— 03	— 04	— 02	— 02	— 03	0	— 04	+ 02	+ 04	+ 09
Avril.	0	+ 01	+ 01	+ 03	+ 02	+ 01	+ 01	+ 02	+ 01	+ 03	+ 03
Mai	0	+ 01	0	0	0	+ 01	+ 02	+ 05	+ 03	+ 04	+ 06
Juin.	— 04	— 03	— 02	— 01	0	+ 01	+ 02	+ 05	+ 06	+ 07	+ 06
Juillet	— 05	— 03	— 02	— 02	— 01	0	+ 01	+ 04	+ 08	+ 11	+ 10
Août.	— 04	— 03	— 02	— 01	0	+ 01	+ 03	+ 05	+ 10	+ 10	+ 08
Septembre . . .	— 02	— 01	0	0	0	0	0	+ 03	+ 07	+ 08	+ 10
Octobre	— 04	— 03	— 03	— 02	— 03	— 02	— 01	+ 01	+ 03	+ 07	+ 11
Novembre . . .	— 02	— 02	— 01	— 01	— 02	— 01	0	+ 01	+ 01	+ 09	+ 12
Décembre . . .	— 03	— 03	— 03	— 03	— 02	— 03	0	+ 02	+ 04	+ 08	+ 11
Moyenne. . . .	— 02	— 01	— 01	— 01	0	0	0	+ 02	+ 04	+ 06	+ 08

dique. Le mois de mars offre des mouvements trop anormaux pour pouvoir être placé avec ceux de la saison chaude; nous le publions séparément.

TABLEAU 23. — **Onde magnétique diurne du bifilaire suivant les saisons.**

Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Avril-sept	— 02	— 01	— 01	— 0	— 0	— 0	+ 01	+ 04	+ 06	+ 07	+ 07	+ 08
Oct.-février. . . .	— 02	— 01	— 01	— 02	— 01	— 01	0	+ 02	+ 02	+ 06	+ 10	+ 11
Mars.	— 04	— 03	— 04	— 02	— 02	— 03	0	0	+ 02	+ 04	+ 09	+ 12

Heures	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Avril-sept. . . .	+ 07	+ 05	0	— 01	— 04	— 05	— 04	— 03	— 03	— 03	— 03	— 02
Oct.-février . . .	+ 10	+ 07	+ 04	+ 01	— 01	— 03	— 04	— 04	— 04	— 03	— 03	— 02
Mars	+ 13	+ 10	+ 06	+ 02	0	0	0	— 01	— 01	— 01	— 02	— 02

En hiver, l'aimant atteint son maximum principal en 6 heures, de 5 heures à 11 heures. La baisse qui lui succède se produit en deux bonds successifs de 11 heures à 14 heures, par mouvement rapide, de 14 à 17 heures, par mouvement lent. Le minimum de 17 heures ne persiste pas; la courbe s'élève jusqu'à 19 heures, reste stationnaire de 19 à 22 heures, puis remonte à 23 heures; et elle s'immobilise encore pendant une heure, augmente jusqu'à 3 heures, s'arrête durant deux heures; finalement, l'aimant parvient à son plus haut point indiqué ci-dessous.

En été, la courbe atteint rapidement son maximum en 3 heures, de 8 heures à 11 heures; mais la descente se produit avec lenteur pendant sept heures, de 11 heures à 18 heures.

Le minimum principal stationne de 18 à 20 heures. Puis le mouve-

Moyenne des deux années 1905 et 1906.

11 H.	12 H.	13 H.	14 H.	15 H.	16 H.	17 H.	18 H.	19 H.	20 H.	21 H.	22 H.	23 H.
+ 10	+ 07	+ 05	+ 02	0	— 01	— 02	— 03	— 03	— 04	— 03	— 04	— 03
+ 10	+ 09	+ 05	+ 02	0	— 01	— 02	— 05	— 04	— 03	— 02	— 02	— 02
+ 12	+ 13	+ 09	+ 06	+ 02	0	0	0	— 01	— 02	— 01	— 02	— 02
+ 06	+ 10	+ 06	0	— 01	— 01	— 04	— 04	— 03	— 04	— 04	— 05	— 03
+ 07	+ 05	+ 01	— 01	— 03	— 05	— 05	— 04	— 04	— 03	— 03	— 02	— 01
+ 08	+ 07	+ 03	0	— 03	— 03	— 02	— 01	— 02	— 03	— 03	— 03	— 02
+ 10	+ 09	+ 07	+ 03	— 01	— 05	— 06	— 05	— 05	— 05	— 05	— 04	— 05
+ 07	+ 06	+ 06	+ 02	0	— 05	— 07	— 05	— 03	— 04	— 05	— 04	— 03
+ 11	+ 11	+ 06	+ 01	— 03	— 05	— 06	— 05	— 05	— 05	— 04	— 03	— 02
+ 15	+ 15	+ 12	+ 07	+ 01	— 02	— 05	— 07	— 06	— 07	— 06	— 05	— 02
+ 11	+ 12	+ 10	+ 05	+ 01	— 02	— 05	— 06	— 05	— 05	— 05	— 03	— 02
+ 11	+ 09	+ 07	+ 05	+ 02	— 03	— 04	— 03	— 04	— 02	— 03	— 03	— 03
+ 10	+ 09	+ 06	+ 02	0	— 02	— 04	— 04	— 03	— 03	— 03	— 03	— 02

ment ascensionnel procède par de courtes hausses, suivies de longs arrêts. Ainsi l'aimant s'élève à 21 heures, s'immobilise de 21 à 22 heures, exécute une légère ascension à 23 heures, stationne de 23 à 0 heure, monte de 0 à 1 heure, reste fixe de 1 à 2 heures, parvient à un minimum secondaire à 3 heures, remonte de 3 heures à 4 heures, se stabilise de 4 à 5 heures, augmente de 5 heures à 7 heures, redevient constant de 7 à 8 heures.

Mars n'a qu'une vague analogie avec la saison chaude; il en diffère toutefois par deux minima secondaires à 2 et 5 heures; la hausse se produit ensuite à partir de 7 heures, une heure plus tôt qu'en saison chaude, et se prolonge jusqu'à 12 heures, moment du maximum principal en retard de 1 heure sur la précédente. Une baisse rapide de 4 heures succède à la hausse; de 16 à 18 heures, l'aimant reste immobile; de 18 à 19 heures, nouvelle chute; de 19 à 21 heures, arrêt; troisième descente à 22 heures; état stationnaire de 22 à 23 heures. Le minimum principal se produit à 0 heure et est suivi d'une hausse à 1 heure.

Amplitude mensuelle moyenne du bifilaire.

Lorsqu'on veut se rendre compte des variations irrégulières qu'éprouve un phénomène physique, il est avantageux de réunir, comme en météorologie, les valeurs des maxima et des minima durant le même mois,

ensuite d'ajouter l'écart des deux moyennes positives et négatives; le total obtenu représente l'amplitude des variations pour le mois considéré. Ce mode d'opération révèle des relations intéressantes avec divers phénomènes physiques. Le tableau suivant contient l'application de cette méthode aux résultats diurnes et mensuels du bifilaire.

Tableau 24. — **Amplitude du bifilaire.**

1905				1906			
MOIS	MAXIMA	MINIMA	AMPLITUDE	MOIS	MAXIMA	MINIMA	AMPLITUDE
Janvier	+ 0,00010	— 0,00004	0,00014	Janvier	+ 0,00011	— 0,00005	0,00016
Février	09	05	14	Février	11	06	17
Mars	11	04	15	Mars.	15	07	22
Avril	13	06	19	Avril	07	04	11
Mai	»	»	»	Mai	07	05	12
Juin.	11	07	18	Juin.	06	04	10
Juillet.	15	08	23	Juillet.	08	05	13
Août.	15	08	23	Août.	07	05	12
Septembre. . .	13	06	19	Septembre . . .	11	07	18
Octobre	17	07	24	Octobre	14	10	24
Novembre . . .	14	07	21	Novembre . . .	12	08	20
Décembre . . .	15	07	22	Décembre . . .	08	06	14

Les observations de 1905, année d'activité solaire, montrent en octobre un degré maximum d'amplitude 0,00024. Le minimum 0,00014 se produit en janvier et février.

Durant l'année 1906, époque calme et régulière, on obtient la même valeur maximum qu'en 1905, 0,00024, au mois d'octobre. Ce mois correspond, comme on le sait, à une période de grande sécheresse, à la plus longue insolation réelle de l'année, et à une électrisation négative maximum du champ terrestre, circonstances qui influent sur les courants électromagnétiques. Les variations furent faibles en juin, 0,00010, époque du solstice et de la plus basse déclinaison solaire sous nos latitudes.

Nous passerons en revue les variations extrêmes de chaque mois, durant ces deux années, et exposerons brièvement les coïncidences des résultats anormaux avec les phénomènes géophysiques et cosmiques.

1905. *Janvier.* — Le bifilaire présente un maximum le 13, la lune se trouve alors à l'apogée. Un minimum a lieu les 26 et 27, le soleil passe à

notre zénith, et par hasard aussi, un cyclone traverse le Sud de Madagascar. Par suite de la nébulosité importante produite par les stratus et nimbus du tourbillon, on observe un minimum d'insolation réelle : 0 h. 0 m.

Février. — Maximum d'intensité horizontale les 13 et 14. Nous relevons le 14 un maximum d'insolation et un minimum d'humidité, suivi le lendemain d'une hausse barométrique. L'aimant atteint son minimum le 24. Or, nous observons ce même jour la plus basse pression et température. Pendant ce mois on obtient le plus fort résultat de l'année 1905, 0,22970.

Mars. — Le barreau aimanté monte progressivement les 27 et 28 février, il atteint son maximum le 1er mars, journée du passage de la lune à notre zénith. Le 10 il présente un fort minimum. Ce jour-là on relève la plus haute pression barométrique et la plus longue insolation du mois; le lendemain 11 forte chaleur et grande humidité. La valeur de la composante obtenue le 21 mars, équinoxe d'automne pour nos latitudes, 0,22972 surpasse la moyenne mensuelle, 0,22960.

Avril-mai. — Les diagrammes du bifilaire rares en avril, absents en mai, par suite de la détérioration et de la réparation de l'appareil, n'ont pas été analysés.

Juin. — Minimum le 3, jour de la nouvelle lune; il coïncide avec une baisse barométrique. Maximum le 14, jour du périgée de la lune. Le 21, jour de notre solstice d'hiver, les résultats diurnes du diagramme, 0,22917, sont inférieurs à la moyenne mensuelle, 0,22923.

Juillet. — Le minimum eut lieu le 6; nous constations aussi, ce jour-là, la plus faible humidité mensuelle. Deux jours plus tard, le 8, on relevait la plus basse pression. Maximum d'intensité magnétique le 18, deux jours après la pleine lune et sa culmination à notre zénith. Le 18, nous enregistrions, à l'anémomètre, la plus forte vitesse de vent durant ce mois.

Août. — Un minimum apparaît le 2, au lendemain de la nouvelle lune. Un maximum le 31, encore au lendemain de la deuxième nouvelle lune du mois.

Septembre. — On observe un maximum le 12; or, la veille, jour de la

pleine lune, nous étions sous l'influence d'une dépression. Le 26, minimum d'intensité; on relève simultanément un fort degré d'humidité et une longue insolation; la nouvelle lune eut lieu deux jours après. A l'équinoxe du 21 septembre, la moyenne diurne : 0,22896, fut inférieure à la moyenne mensuelle : 0,22922.

Octobre. — Minimum le 5, jour où la lune culmine à notre zénith. Maximum le 26; il précède de deux jours la nouvelle lune et correspond à un degré considérable de tension de l'atmosphère. La veille on avait enregistré une haute température. Il est à remarquer que la moyenne mensuelle d'octobre coïncide avec la moyenne annuelle à la 5e décimale près : 0,22934.

Novembre. — Le 16, minimum du bifilaire; journée très nuageuse; le soleil passe au zénith le lendemain. Le 30, maximum du bifilaire; jour où la lune culmine à notre zénith; en même temps, dépression et grande humidité de l'air. L'intensité magnétique descend à cette époque à une valeur très inférieure à la moyenne annuelle : 0,22881. Le 17 la valeur diurne 0,22808 est inférieure à la moyenne mensuelle.

Décembre. — Un minimum du bifilaire a lieu le 20, époque simultanée du solstice d'été sous nos latitudes, et d'un cyclone qui se comble au Sud de Madagascar; cette perturbation amène une dépression et une insolation nulle ce jour-là. Le résultat de l'intensité au solstice est inférieur à la moyenne mensuelle.

1906. *Janvier.* — Le minimum du 18 coïncide avec la plus faible humidité mensuelle. On observe le 27 un minimum d'intensité; un cyclone évolue ce jour-là à grande distance de la côte orientale de Madagascar. Le 26, journée de la culmination du soleil à notre zénith, la valeur diurne de l'intensité, 0,23003 surpasse de beaucoup la moyenne mensuelle, 0,22936.

Ce dernier résultat à son tour est supérieur à celui de toutes les moyennes mensuelles de l'année 1906.

Février. — On constate un maximum le 17, veille du passage de la lune au zénith, et un minimum le 24 à 7 jours d'intervalle; la nouvelle lune avait eu lieu la veille. Trois jours avant un cyclone avait abordé

le littoral Est-Sud-Est de Madagascar. Le 26, nouveau cyclone éloigné se comblant.

Mars. — Maximum le 1er; la lune se trouve alors à son apogée; une dépression barométrique avec forte humidité de l'atmosphère fut enregistrée simultanément. Du 3 au 7 grande perturbation magnétique qui occasionne un minimum considérable. Cette année la moyenne diurne de l'équinoxe du 21 mars, 0,22853, est inférieure à la moyenne mensuelle 0,22863.

Avril. — On signale un minimum du bifilaire le 3; il coïncide avec la plus haute température du thermomètre humide du psychromètre, et une soirée chargée d'électricité dans l'air. Le maximum du bifilaire fut observé le 22; la veille, nouvelle lune, et haute pression barométrique.

Mai. — Un maximum avec résultats identiques se manifeste durant les journées du 7, 8 et 10. Le 7, on note la plus haute température du mois; elle est accompagnée d'une baisse actinométrique; ce phénomène survient deux jours après la nouvelle lune.

Juin. — Le 1er maximum de l'intensité comme en mars. Le 8, minimum. La lune passe ce jour-là au zénith du lieu. Le lendemain 9, on observe une baisse barométrique accompagnée de hausse thermométrique. Le 21, jour du solstice, le résultat diurne égale exactement la moyenne mensuelle 0,22865.

Juillet. — Maximum du bifilaire le 6, époque de la pleine lune et de sa culmination au zénith du lieu; durant le jour, forte humidité. Minimum le 12; atmosphère encore humide. La veille haute température.

Août. — Le 13, minimum du bifilaire; jour de l'apogée de la lune. Maximum le 24; on enregistre le lendemain, 25, la plus forte vitesse du vent.

Septembre. — Le minimum d'intensité se produit le 5, le maximum se produit le 21. A l'équinoxe du 23, la moyenne diurne 0,22843 est inférieure à la moyenne mensuelle : 0,22854.

Octobre. — Minimum le 13; dans la soirée, orages et nombreux éclairs; baisse barométrique et forte sécheresse, le lendemain 14. Le 25, maximum d'intensité; ce jour-là passage de la lune au zénith du lieu. En outre

à 9 h. 25 m. 30 s., fort tremblement de terre à mouvement sussultoire qui a duré 4 secondes environ. Dans le magnétogramme, les deux courbes du déclinomètre et du bifilaire ne présentent qu'une très faible oscillation de 2 dixièmes de millimètre. La balance orientée Nord-Sud a été remontée par le choc de 9 millimètres. La moyenne mensuelle du bifilaire pendant ce mois, 0,22867, correspond sensiblement, comme l'an dernier, à la moyenne annuelle 0,22860.

Novembre. — Un maximum survient le 14, deux jours avant la nouvelle lune. Un minimum se produit le 22, jour du passage de la lune au zénith.

Le 17, première culmination du soleil à notre zénith; la valeur moyenne diurne 0,22880 surpasse la moyenne mensuelle 0,22844.

Décembre. — Le 7, maximum du bifilaire; haute température du thermomètre humide du psychromètre; soir, plusieurs forts orages. Minimum les 17 et 18; haute température; la lune passe au zénith du lieu. Au solstice du 23, la moyenne diurne 0,22783 est inférieure à la moyenne mensuelle 0,22806.

Résumons les principaux phénomènes que présente le bifilaire durant les deux années 1905 et 1906. En 1905, époque d'activité solaire, le résultat maximum d'intensité eut lieu pendant le mois de février; en 1906, époque calme, pendant le mois de janvier. Le plus fort minimum se produisit en novembre, durant ces deux années. La moyenne annuelle concorde avec la moyenne mensuelle en octobre. Aux deux équinoxes de septembre la valeur de l'intensité est inférieure à la moyenne mensuelle.

Les deux équinoxes de mars ne donnent pas des résultats identiques; peut-être à cause de la différence d'activité solaire; 1905 offre une moyenne plus forte que d'ordinaire; 1906, une moyenne plus faible. Aux solstices de 1905, les résultats sont inférieurs à la moyenne mensuelle.

Le 21 mars 1906 donne une valeur qui concorde avec la moyenne mensuelle. Le solstice de septembre est semblable au résultat obtenu en 1905.

Comparaison du bifilaire de Maurice et de Tananarive.

Nous comparerons : *a*) d'une manière générale les courbes du bifilaire durant les deux saisons et en mars; *b*) d'une manière particulière les courbes obtenues aux jours de perturbations générales.

a) Durant la saison fraîche à Maurice, l'aimant du bifilaire parvient très tôt à son maximum, à 8 heures; tandis qu'à Tananarive, il a lieu trois heures plus tard, à 11 heures. Le minimum se manifeste au même moment dans les deux stations à 17 heures; d'où il suit que la baisse de Maurice est plus lente que celle de Tananarive. Le passage à la moyenne diurne se produit également à 14 heures.

L'aimant de Maurice reste stationnaire de 20 à 22 heures; celui de Tananarive de 19 à 22 heures. Dès 23 heures le barreau remonte simultanément. Dans les deux endroits, l'aimant passe à la moyenne diurne à 3 heures; ses mouvements diffèrent ensuite, probablement à cause du petit nombre d'années que nous avons étudiées. Le barreau de Maurice continue à s'élever sensiblement; celui de Tananarive stationne de 3 à 5 heures; légère hausse vers 6 heures. Le mouvement ascensionnel s'accentue dès 6 heures à Maurice; dès 7 heures à Tananarive.

Durant la saison chaude le maximum de Maurice se manifeste à 10 heures; celui de Tananarive à 11 heures comme en saison fraîche. Dans la première station le minimum a lieu dès 20 heures; dans la deuxième station, il stationne à 18, 19 et 20 heures. Dans la soirée, l'aimant traverse la ligne moyenne diurne vers 14 h. 30 à Maurice; vers 15 h. 30 ici; le matin à 3 heures au premier endroit, à 6 heures ici. Nous observerons en outre un léger minimum secondaire vers 3 heures, dans nos parages.

Au mois de mars le maximum a lieu simultanément, à 12 heures, dans les deux stations. Les heures du minimum diffèrent : 21 heures à Maurice, 0 et 2 heures ici.

En résumé, il semble que Tananarive retarde d'ordinaire sur Maurice. Le fait ne doit guère surprendre à cause de l'altitude de notre station : de nombreuses expériences ont établi que sur les lieux élevés, le gradient

électrique présente un maximum en retard sur le gradient des stations situées au bord de la mer. Il est donc rationnel que Tananarive, située à 1.400 mètres d'altitude, éprouve des retards qui atteignent parfois deux heures dans les maxima et minima soit du déclinomètre soit du bifilaire.

b) Analysons en second lieu les perturbations signalées par Maurice et ressenties simultanément à Tananarive. A défaut des magnétogrammes et autres documents originaux de la première station, nous utiliserons nos propres résultats, et faisant remarquer du reste que, d'après de nombreuses comparaisons avec les courbes publiées dans les Bulletins de Maurice, les diagrammes des deux observatoires ont une ressemblance frappante, même pendant les jours troublés. Seules les valeurs magnétiques et les heures diffèrent.

Avant d'entreprendre une étude comparative entre ces magnétogrammes, il est indispensable de classer les allures diverses que présentent ici les courbes en temps anormal. Leurs tracés irréguliers peuvent se ranger sous six types principaux. On constate incidemment sur la ligne droite ou oblique : 1° une forme dentelée, c'est-à-dire de petits arcs irréguliers de direction convexe ou concave. Faut-il attribuer ces détails à des courants électriques éloignés circulant dans la haute atmosphère des cirrus et cumulo-nimbus agissant sur l'aimant au moment de leur passage au zénith de la station?

Il n'est pas possible de répondre à cette question d'une manière certaine. (La coïncidence des tracés du céraunographe (enregistreur d'orages par la T. S. F.) et des dentelures du magnétogramme, s'opère sur deux appareils distincts, éloignés l'un de l'autre, munis de mouvements d'horlogerie différents, l'un rapide, l'autre lent et non synchronisés. La difficulté d'assemblage des deux diagrammes rend les comparaisons problématiques.)

2° Des arcs plus développés que les précédents à direction unique, causés peut-être par des ondulations du champ magnétique terrestre, sous l'action d'une force inconnue; 3° des oscillations brusques du barreau aimanté, d'amplitude grande ou légère, provoquées ou bien par

une rupture du courant magnétique, par des séismes locaux, des effondrements géologiques dans le voisinage, ou bien par des coups de foudre, à la saison orageuse; 4° un ressaut subit vers une seule direction; le tracé se maintient pendant quelque temps sur ce nouvel azimut magnétique, puis reprend sa position primitive. Cet écart momentané serait-il dû au passage ou à la formation d'un courant ou tellurique ou aérien? 5° Un tracé flou de la courbe qui semble provenir ou de trépidations verticales du sol, fréquentes dans la région volcanique voisine de l'Itasy, ou d'une vibration de la montagne, du pavillon magnétique lui-même, sous la force des vents ascendants; 6° la perturbation qui imprime aux aimants des mouvements désordonnés et qui s'étend simultanément sur toutes les stations magnétiques du globe. Les prodromes du phénomène s'annoncent d'ordinaire sur la courbe par de petits mouvements intermittents de forme pyramidale. La phase principale de l'orage magnétique proprement dit s'établit plus tard. Elle se caractérise par une sorte de courant alternatif, une série très compliquée d'écarts, tantôt brusques, tantôt sinueux, de grande ou de faible amplitude. Après quelques heures, parfois même, quelques journées de paroxysmes, a lieu la phase finale. Ou bien l'agitation s'éteint graduellement, ou bien l'aimant vient au repos après une série de dentelures amorties de la forme n° 1, parfois pyramidales, pareilles à celles du début. Ces tempêtes magnétiques coïncident d'une manière certaine avec des aurores boréales ou australes, avec des périodes de taches solaires, avec des courants telluriques d'une puissante intensité.

Dans la classification du caractère des perturbations suivantes, nous avons suivi, comme base de notation, l'échelle numérique employée à De Bilt (Pays-Bas) : 0, journée calme; 1, oscillation modérée; 2, forte agitation. De plus, les heures que nous assignons sont basées sur le temps moyen local de Tananarive en avance de 3 h. 0 m. 46 s. sur Paris.

1905. 3 *au* 6 *février*. — Le trouble magnétique débute le 3, dès 5 heures, et se prolonge toute la journée. Les oscillations augmentent de 23 h. 50 à 2 h. 40 du 4.

L'aimant est légèrement agité pendant la journée, et se calme vers

22 heures. Le 5, nouvelle période de variations vers 10 heures. De 15 h. 40 à 17 h. 30, le barreau du bifilaire décrit de courtes sinuosités; vient enfin la phase finale, composée de petits arcs ou sortes de petites pyramides qui cessent à 3 h. 30 du 6. Le 3, l'aimant a varié depuis un maximum de 0,23014 à 10 heures jusqu'à un minimum de 0,22934; différence 0,00080 unités C. G. S. L'intensité des oscillations correspondrait à 1.

1er *et* 2 *avril.* — Pas de tracé ces jours-là. Par maladresse le papier sensible a été mis à l'envers; aucune courbe n'apparut au développement.

2 *août.* — Début de la perturbation à 4 h. 30; elle se poursuit toute la journée jusqu'à 17 heures.

Le maximum 0,22896 se produisit à 5 heures, le minimum 0,22765 à 16 heures; différence 0,00131 unités C. G. S. Dès 0 heure le 3 août, l'aimant reprend sa marche normale. Intensité du trouble 1.

3 *et* 4 *septembre.* — Le 3 on observe à 11 heures un refoulement subit du barreau; augmentation de la composante horizontale; quelques minutes après a lieu le maximum 0,22989; toute la soirée et la nuit jusqu'à 2 heures du 4, faibles oscillations; les dernières agitations du barreau, forme pyramidale, ont lieu à 5 heures. La veille, à 16 heures, l'aimant était parvenu à son minimum de 0,22851; différence des écarts extrêmes 0,00138, valeur sensiblement égale à celle du 2 août. Même force 1 qu'à cette époque.

28 *et* 29 *octobre.* — Le 28, à 4 heures, l'aimant du bifilaire, jusque-là calme, indique une valeur de 0,22959 et augmente subitement et marque 0,22974, soit une différence de 0,00017 unités C. G. S. Il persiste dans cette direction et passe au maximum 0,23030 à 12 heures. La baisse qui suit est interrompue de temps à autre par quelques dentelures ou petits crochets pyramidaux. On remarque deux minima, l'un 0,22885 à 19 heures, l'autre, 0,22882 à 21 heures. Le barreau redevenu calme remonte, éprouve de 2 heures à 2 h. 30 deux légères et dernières convulsions, le 29, la différence des écarts extrêmes égale 0,00148 unités C. G. S., quantité un peu plus forte qu'en août et septembre. Intensité : 1.

Du 12 *au* 16 *novembre.* — La perturbation débute le 12 à 12 heures par un maximum, 0,22900; à 13 h. 30, l'aimant est violemment déplacé vers le haut une deuxième fois. Il descend ensuite au milieu d'une agitation continuelle, parvient au minimum de 0,22693 à 20 heures. Ce jour-là, l'écart des extrêmes est considérable : 0,00207 unités C. G. S.; 22 h. 40, poussée lente vers le haut puis vers le bas jusqu'à 23 h. 30; nouvelle ascension. Le 13, à 1 heure, minimum 0,22735, puis période de calme, jusqu'à 8 heures, le barreau qui a remonté pendant l'accalmie, commence à s'agiter; il atteint son maximum diurne à 9 heures : 0,22913, descend tout en exécutant des crochets à 0,22839 vers 18 heures. Ressaut brusque à 23 h. 50. La différence des deux écarts de la journée est de 0,00178 unités C. G. S., valeur moindre que la veille.

Le 14, les heures du maximum sont anormales : 2 et 3 heures : 0,22866; diminution des oscillations jusque vers 8 heures; reprise des mouvements agités du barreau de 8 heures à 10 heures, moment anormal du minimum : 0,22819; écart des extrêmes 0,00047 unités C. G. S. Calme relatif; dès 20 heures reprise graduelle des mouvements oscillatoires. Le 15, à 13 heures, ondulations plus larges; de 8 heures à 12 heures, période de calme. Légère agitation de 12 à 18 heures.

A ce moment départ brusque de l'aimant vers le haut; il passe de 0,22836 à 0,22898, soit : 0,00062 unités C. G. S.; à 18 h. 30, il revient vers la première valeur et persiste jusque vers 20 heures. Depuis lors, fortes oscillations qui diminuent la composante horizontale d'une manière notable.

Le 16, à 1 heure, elle atteint 0,22693, le plus fort minimum observé durant cette période. Malgré une agitation incessante, le barreau aimanté remonte progressivement et parvient à un maximum de 0,22880 à 10 heures; il redescend à un minimum secondaire, 0,22744 vers 17 heures. Le calme se rétablit dès 20 heures. Durant le reste de la nuit l'aimant a repris sa tranquillité.

Pendant cette journée l'écart du maximum et du minimum égale 0,00187 unités C. G. S., ce qui suppose un mouvement d'oscillation important pour notre station. Cette période d'agitation qui coïncide

avec le passage du soleil à notre zénith a montré une intensité égale à 2. Nous reviendrons plus loin sur cet orage magnétique.

1906. — Maurice n'a point signalé une perturbation ressentie ici du 3 au 7 mars, d'intensité 1. Il est possible qu'elle soit locale et par conséquent sans grand intérêt.

11 *et* 12 *juillet.* — L'agitation des aimants a commencé vers 16 h. 30 et s'est continuée jusqu'à 20 heures. A 21 h. 40, très légères oscillations de forme pyramidale qui se poursuivent jusqu'à 1 h. 20 du 12; ensuite 3 arcs développés nº 2 terminés à 4 heures. Le 11, maximum de 0,22835 à 11 heures; minimum 0,22782 le 12 à 1 heure. Différence des deux extrêmes : 0,00053. Intensité 1 de l'échelle conventionnelle.

7 *et* 8 *août.* — Vers 16 h. 50, le 7, légère ondulation forme pyramidale qui semble annoncer la perturbation; à 20 heures, petits arcs de forme dentelure tournés vers le haut; 22 h. 50, commencement de l'agitation jusqu'à 23 h. 50; de 0 heure du 18 août à 8 heures, petites ondulations forme pyramidale vers le bas.

Le 7 août maximum du bifilaire : 0,22858; minimum 0,22808 à 21 heures; écart des extrêmes 0,00050 unités C. G. S. Intensité 1.

22 *et* 23 *septembre.* — Cette perturbation qui survient exceptionnellement le jour de l'équinoxe présente deux prodromes caractéristiques; d'abord une petite oscillation brusque, type nº 3, à 14 h. 40 le 22; ensuite un écart subit très faible, type nº 4, à 15 h. 45. Le barreau aimanté descend rapidement à 21 h. 20, puis remonte jusque vers 0 heure du 23. Depuis ce moment jusqu'à 5 heures, fortes oscillations, qui présentent trois ondulations caractéristiques. Dès 5 heures, calme. Le 22 septembre, maximum : 0,22906 à 3 heures; minimum : 0,22860 à 22 heures; écart : 0.00046. Intensité : 1.

22 *et* 23 *décembre.* — On constate les premiers symptômes de la perturbation à 21 h. 50 du 21; arcs forme dentelure, de direction tantôt vers le bas, tantôt vers le haut, s'agrandissant et reproduisant le type nº 2 jusqu'au moment de l'orage. Ce dernier se déclenche à 0 h. 50 du 22; l'aimant est brusquement lancé vers le haut et demeure environ 10 minutes sur cette nouvelle direction, puis il redescend assez rapide-

ment. La plus forte agitation se produit de 1 heure à 3 heures; ensuite le mouvement se ralentit jusqu'à 11 heures. Dès ce moment, affolement du barreau toute la journée et le lendemain 23 à 1 h. 30. Légère et dernière recrudescence à 5 h. 30; enfin calme. Le maximum indiqua le 22 : 0,22891, à 1 heure; le minimum : 0,22691 à 17 heures; différence : 0,00200 unités C. G. S.; valeur plus forte que le 16 novembre 1905. Intensité : 2.

Nous croyons faire œuvre utile en publiant dans un tableau les journées de faibles perturbations qui ne rentrent pas dans le cadre par trop large, à notre avis, de 0, jour calme et de 1, oscillation modérée.

Mois.	Jours et heure du début.		Jours et heure de la fin.	
	1905			
Janvier	5	19 heures	6	3 heures
Mars	2	4 h. 30	3	5 —
—	7	16 heures	7	20 —
Juillet	6	12 —	7	0 —
—	23	13 —	23	14 —
—	24	0 —	24	5 —
Septembre	18	11 —	19	1 h. 30
	1906			
Janvier	31	14 heures	31	23 heures
Février	15	14 —	16	4 h. 30
—	19	11 —	19	23 heures
—	24	14 h. 40	25	7 —
—	25	19 heures	26	6 —
—	28	18 h. 50	1er mars	2 —
Mars	4	2 h. 25	4	23 —
Avril	28	17 heures	29	5 h. 20
Mai	9	0 —	9	3 heures
—	15	11 h. 25	15	17 —
Juin	1	23 heures	2 juin	3 —
—	2	21 h. 30	3	3 —
Juillet	29	17 h. 40	29	19 h. 20
—	30	0 heure	30	13 h. 40
Septembre	3	23 —	4	5 h. 30
Novembre	21	21 —	22	3 heures
Décembre	8	7 —	8	23 —
—	16	20 —	17	0 h. 40
—	26	19 h. 30	26	23 h. 40

Comparaison du bifilaire de Manille et de Tananarive.

D'avril à septembre. — A Manille le barreau atteint son minimum dès la matinée à 1, 3, 4 et 5 heures; il parvient à son maximum à 11 heures. Cette dernière heure concorde avec celle de Tananarive; mais le temps du minimum diffère complètement. Dans la première station, l'intervalle qui sépare le minimum du maximum est de 6, 7, 8, 10 heures;

tandis qu'ici, l'on compte 17 et 18 heures par rapport au minimum de la veille au soir.

Le bifilaire occupe la moyenne diurne à 8 et 16 heures, soit à 8 heures d'intervalle; ici, il se trouve sur la moyenne diurne à 3, 4, 5 et 14 heures, soit à 9, 10 et 11 heures d'intervalle.

D'octobre à mars. — Le minimum de Manille se manifeste à 21 heures, le maximum encore à 11 heures. L'heure du minimum retarde de 1, 2 et 3 heures avec nous. En conséquence, à cette période de l'année, elle se rapproche de notre régime. Le passage à la moyenne diurne survient à Manille vers 7 h. 30 le matin, et vers 15 h. 30 le soir; à Tananarive 6 heures et 15 h. 30 minutes. Par conséquent nous l'éprouvons 1 h. 30 plus tôt, la matinée; mais la soirée, ce passage est synchrone.

Variation annuelle. — Le maximum du bifilaire se produit à 11 heures, généralement en mai; 11 et 12 heures, à Manille. Le minimum est très variable d'après le tableau suivant.

Janv.	Fév.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
22 h.	22 h.	0-1-4-5-6 h.	6 h.	1 et 5 h.	3 h.	5 h.	2-3-4 et 5 h.	3 h.	20-21 h.	21 h.	20 et 21 h.

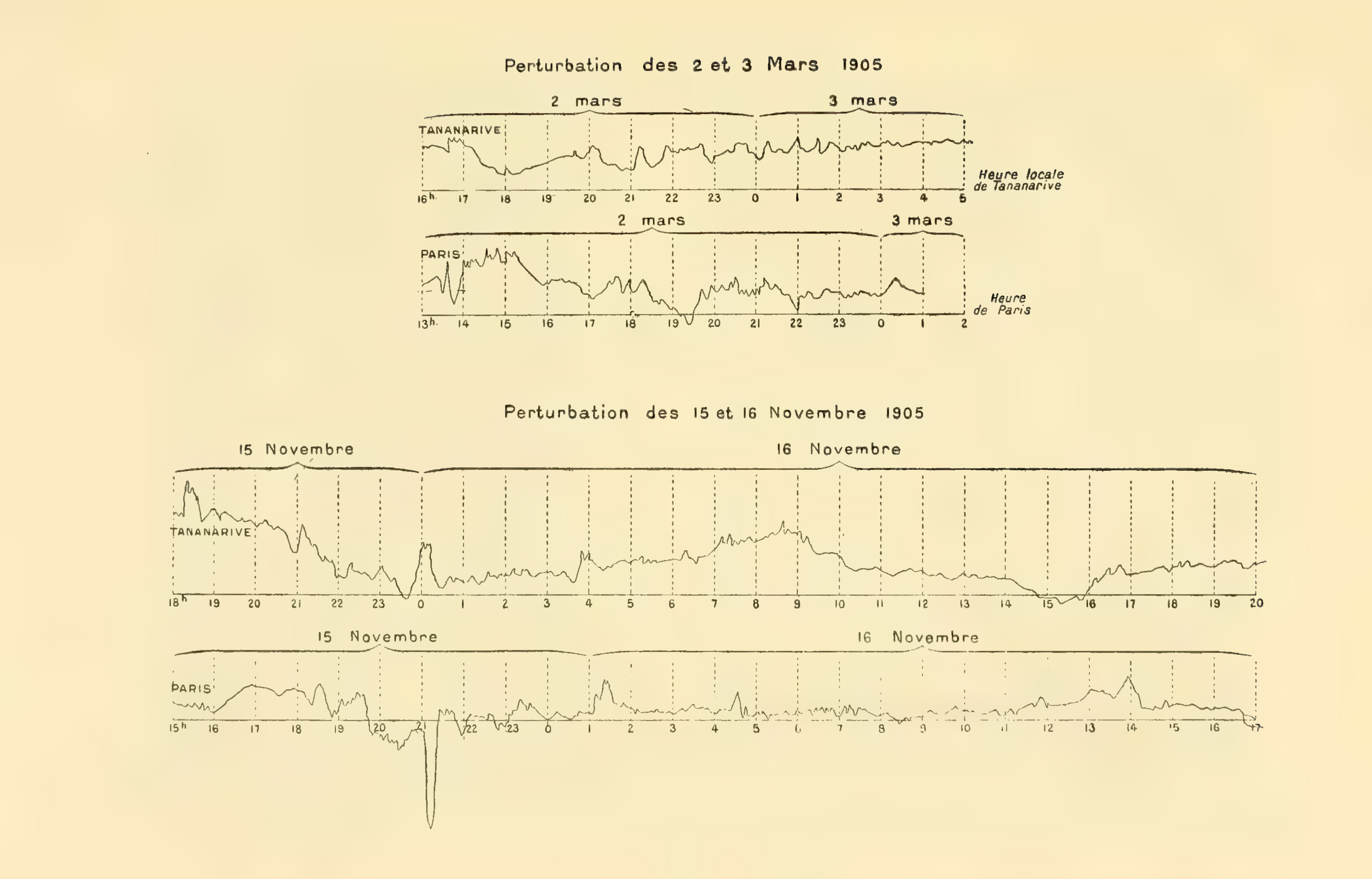
Les passages à la moyenne diurne sont aussi très inégaux.

Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.
7 h.-15 h. 10	7 h. 30-16 h.	8 h. 10-16 h.	8 h. 10-16 h. 15	8 h. 5-16 h. 30	7 h. 10-15 h. 45
Juillet.	**Août.**	**Septembre.**	**Octobre.**	**Novembre.**	**Décembre.**
8 h. 12-15 h. 50	7 h. 50-15 h. 50	8 h.-15 h. 50	8 h. 5-15 h. 30	7 h. 10-14 h. 50	7h. 15-15 h. 10

Comparaison du bifilaire entre Paris et Tananarive.

Les saisons à Paris étant entièrement opposées à celles de Tananarive et de nos climats tropicaux, il n'est guère possible d'étudier en détails les résultats de la composante horizontale et de la comparer entre les deux stations. Nous nous contenterons de rapprocher la variation diurne moyenne de l'année afin de montrer la différence des mouvements de l'aimant bifilaire dans les deux hémisphères boréal et austral.

Le minimum d'intensité se manifeste à Paris vers 11 heures, c'est-à-dire lorsque nous observons ici le maximum. Le maximum apparaît dans la première station pendant la nuit, de 20 à 21 heures. On relève ici le minimum dans la soirée à 17 et 18 heures; donc, plus tôt. L'écart



Perturbation des 2 et 3 Mars 1905
2 mars
3 mars
TANANARIVE
16h. 17 18 19 20 21 22 23 0 1 2 3 4 5
Heure locale de Tananarive
2 mars
3 mars
PARIS
13h. 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 0 1 2
Heure de Paris
Perturbation des 15 et 16 Novembre 1905
15 Novembre
16 Novembre
TANANARIVE
18h 19 20 21 22 23 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
15 Novembre
16 Novembre
PARIS
15h 16 17 18 19 20 21 22 23 0 1 2 3 4 5 7 8 9 10 12 13 14 15 16 17

de l'oscillation diurne est considérable à Paris, 0,00027 unités C. G. S.; ici, 0,00014, valeur moitié moindre. D'une part dans l'hémisphère boréal le barreau du bifilaire passe à la moyenne diurne à 7 et 16 heures, soit 9 heures d'intervalle. Sous nos latitudes australes à 4, 5, 6 et 15 heures, les résultats comparatifs du bifilaire à Paris et à Tananarive suggèrent trois remarques :

1° Cet élément magnétique présente à 11 heures des mouvements d'inversions synchrones qui correspondent à un minimum dans la première station à un maximum dans la seconde; 2° le soir, les écarts opposés ne se produisent pas exactement aux mêmes heures; notre minimum précède d'ordinaire de deux heures le maximum de France; 3° aux jours de grandes perturbations, les effets contraires persistent, mais les heures changent entièrement; les oscillations deviennent alors synchroniques. Comme preuve nous mettons sous les yeux du lecteur deux diagrammes obtenus avec un magnétographe identique (modèle Mascart) aux jours troublés du 2 au 3 mars, du 15 au 16 novembre 1905.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'étude de 500 observations magnétiques que nous avons exécutées à travers la Grande Ile, de 1.300 expériences hebdomadaires poursuivies pendant vingt ans au même point de l'Observatoire, de 700 photogrammes diurnes comprenant les années 1905 et 1906, nous ont fourni d'abondantes remarques sur les traits généraux et particuliers du magnétisme à Madagascar, sur l'interprétation des résultats d'après le sol des régions, sur l'intervention de divers phénomènes qui modifient la marche des courants terrestres. Il a paru utile de réunir dans un travail d'ensemble cette série de documents, de conclusions théoriques, puis de coordonner le tout sous les deux titres suivants :

1° Perturbations locales, physiques et cosmiques;

2° Variations annuelles, mensuelles et diurnes des boussoles.

I. — Perturbations locales, physiques et cosmiques.

Nos levés magnétiques entrepris sur le littoral et dans le Plateau central de Madagascar ont été rangés d'après la constitution du sol et la nature des roches. Classés ensuite selon le degré d'intensité des perturbations, ils se groupent d'eux-mêmes sous trois chefs principaux :

1° On constate une déclinaison régulière ou presque régulière dans l'intérieur de l'île sur les alluvions, les bancs de gneiss et de quartzite; aux bords de la mer, sur les amas madréporiques.

Toutefois il serait imprudent de se fier à une régularité absolue des deux autres éléments; car, l'intensité et l'inclinaison se trouvent souvent en défaut dans ces stations, par suite de la présence de l'oxyde de fer magnétique recélé sous les minces couches de ces alluvions et de ces bancs superficiels, sous le sable du littoral, par suite de strates géologiques de densité différente, ou sous l'effet de toute autre cause inconnue.

2° La boussole de déclinaison présente des déviations peu importantes et seulement de quelques degrés vers l'Est ou l'Ouest : *a*) sur certaines latérites, principalement de couleur ocre jaune, riches en particules de fer oxydulé, sur les rivages de quelques rivières et lacs (Tsiribihina, Manambolo, Manambaho, lacs Rasoabé et Rasoamasay) dont les vagues ont aggloméré de longs amas stratiformes de fer pur; *b*) la déclinaison a une tendance à se diriger vers l'Ouest sur les monts granitiques composés d'une forte teneur d'oxyde de fer; ces roches d'un volume énorme possèdent un champ magnétique propre et étendu, superposant leur force à celle du champ normal; *c*) dans les stations situées en contre-bas de ces massifs, les trois éléments participent à l'irrégularité précédente à cause d'une attraction locale du barreau vers la masse voisine, de la désagrégation des oxydes de fer de la roche par les pluies et la dilatation cubique de leur accumulation dans le sol, surtout à cause de l'extension du champ magnétique perturbateur.

3° Les anomalies atteignent des écarts considérables : *a*) sur les alignements granitiques orientés Nord-Nord-Est-Sud-Sud-Ouest, absolument distincts des massifs précédents dont la présence dans le Plateau central

a été découverte et signalée par le Père Muthuon, de l'Académie malgache. Ces bandes isolées et de moindre volume déterminent une déviation de l'isogone normal, réduisent le potentiel terrestre et diminuent par conséquent la déclinaison; de plus, les oscillations pendulaires du barreau dans la composante horizontale, augmentent en durée, circonstance qui donne lieu de conclure à une structure discontinue des couches sous-jacentes.

On comprend le trouble jeté dans les courants magnétiques par suite de la nouvelle résultante de deux forces inégales, l'une normale dans la latérite inférieure, l'autre normale dans le granite supérieur; *b*) les anciens volcans situés dans le Plateau central, sur les côtes orientale et occidentale, alignés eux aussi suivant le sens de la Grande Ile, attestent, par les écarts irréguliers de la déclinaison et l'inclinaison, une accumulation inégale de substances ferrugineuses propres aux laves; en outre, par les anomalies pendulaires constatées dans les expériences de l'intensité, ils font pressentir l'existence de soulèvements souterrains de densité différente, de failles, dislocations et autres accidents. Les stations situées au voisinage des épanchements volcaniques, ainsi que les terrains dans lesquels le fer gît à l'état soit de minerai, soit de pyrite, soit de magnétite, donnent des résultats très inconstants; tantôt l'irrégularité affecte la déclinaison seule, tantôt la composante horizontale ou l'inclinaison, tantôt deux ou même les trois éléments à la fois.

D'après cet ensemble de remarques basées sur des faits nombreux, l'on peut présumer que les perturbations magnétiques observées sur les côtes de Madagascar sont causées ou par des débris volcaniques parfois sous-jacents, ou par des pyrites de fer, ou par des accidents géologiques. Dans le Plateau central, toute anomalie observée loin des monts volcaniques et granitiques, loin d'une agglomération de fer oxydulé, suppose que le magnéticien se trouve ou bien au voisinage de substances ferrugineuses enfouies dans le sol, ou bien au-dessus de quelque faille et dislocation terrestre, de couches géologiques mauvaises conductrices des courants magnétiques et telluriques.

A ces troubles permanents causés par la constitution du terrain et des

roches primitives et éruptives, viennent s'adjoindre d'autres facteurs temporaires, cosmiques et physiques, qui contribuent ou périodiquement ou soudainement à modifier le champ magnétique terrestre.

Nous en relèverons huit principaux.

1° *Les époques des équinoxes et solstices.* — Aux équinoxes de mars et septembre, les courants magnétiques, probablement d'origine thermo-électrique, se superposent à ceux du champ solaire. Ces actions mutuelles occasionnent une augmentation de la déclinaison et une diminution de l'intensité.

Au solstice de juin, le soleil parvenu à sa plus grande déclinaison boréale produit sous nos latitudes une décroissance de température, de déclinaison et d'intensité. Au solstice de décembre intervient une autre cause de diminution d'origine électro-nuageuse.

2° *Le passage du soleil et de la lune au zénith de la station.* — L'examen des observations magnétiques de Maurice et de Tananarive donne lieu de conclure que lorsque le soleil ou la lune culminent au zénith de la station, ces deux astres exercent une action diminutive dans la déclinaison et augmentative dans l'intensité.

3° *Les périodes de taches solaires.* — Dans les résultats de la déclinaison, l'amplitude diurne moyenne de 1905 : 6′ 5, époque d'un maximum de taches, surpasse celle de 1906 : 6′ 1. Il en est de même des résultats de la composante horizontale; en 1905 on obtient la forte valeur de 0,00015 unités G. G. S., la valeur moindre de 0,00013 en 1906.

4° *Les orages.* — Les orages qui éclatent sur le Plateau central de novembre à mars ont la propriété d'affaiblir momentanément l'amplitude diurne de la boussole de déclinaison et d'augmenter l'amplitude diurne de l'intensité.

5° *Les cyclones.* — D'après un grand nombre de constatations à Maurice et à Tananarive, il résulte que presque toujours un maximum de déclinaison précède la dépression et qu'un minimum accompagne d'ordinaire le voisinage du centre. La force horizontale magnétique éprouve également une valeur minimum.

6° *Les courants telluriques.* — Le 31 octobre 1903, journée de pertur-

bation sur toute l'Europe, nous observons à Madagascar, pendant les mesures absolues, une diminution de 20′ dans la déclinaison, de 0,00510 unités C. G. S. dans l'intensité et une augmentation de 30′ dans l'inclinaison.

7° *Variations annuelles diverses.* — Sur quelques terrains, roches et volcans où nous avons réitéré les mesures magnétiques au cours des années suivantes, tantôt la variation annuelle de la boussole égale celle de Tananarive-Observatoire (Tsirangaina); tantôt elle la surpasse (Ambatolampy, Fehibé, Ambohipo, Alarobia, Andovoranto, Miantsoarivo, Soamahamanina). La variation annuelle de la composante horizontale croît, au lieu de diminuer, à Fehibé, Ambatolampy, Miantsoarivo, Tsirangaina. Elle coïncide avec celle de l'Observatoire à Alarobia. L'inclinaison décroît de 2′ à Tsirangaina, comme à Tananarive; elle augmente de 7′, au lieu de diminuer, à Ambatolampy, Miantsoarivo, Alarobia.

De si fortes irrégularités laisseraient soupçonner d'intéressantes modifications dans les courants terrestres, et par là même, dans les couches géologiques de ces foyers perturbateurs.

8° *Les tremblements de terre.* — Les séismes presque hebdomadaires [1] ressentis au lac d'Itasy, distant de 60 kilomètres Sud-Ouest de Tananarive, peuvent agir sur les boussoles du magnétographe soit par la vibration du sol, soit par suite d'une origine volcanique.

Après avoir constaté tant d'attractions et de perturbations locales qui produisent sur les aimants des résultats anormaux, le lecteur jugera des difficultés que l'on rencontre à Madagascar soit pour relier entre elles les données obtenues, soit pour tracer des cartes isogones, isodynamiques et isoclines. Tout au plus, en réduisant les valeurs à une année déterminée en prenant ensuite comme références les stations régulières de Majunga et Morondava sur le littoral occidental, de Tamatave à Mahanoro sur le littoral oriental arrive-t-on à retrouver dans les terrains alluvionnaires et quartzeux du Plateau central une distribution relativement normale.

[1] Je conserve, sans la prendre à mon compte, l'expression employée par le P. Colin. Les petits frémissements du sol sont fréquents auprès du lac Itasy. C. P.

II. — Mouvements annuels, mensuels et diurnes des boussoles.

Les huit causes prépondérantes que nous venons d'indiquer, jointes à d'autres inconnues, exercent sur les variations annuelles, mensuelles et diurnes des boussoles, d'importantes réactions dont nous signalerons encore quelques effets.

En juillet, l'intensité et la déclinaison décroissent. La situation d'octobre semble opposée à celle de mars; maximum dans la composante horizontale et l'inclinaison, minimum dans les observations absolues de l'inclinaison. Les trois boussoles indiquent une baisse générale en novembre et ne se relèvent que lentement en décembre.

Malgré les forces antagonistes qui rompent souvent l'équilibre des courants terrestres, néanmoins leur influence perturbatrice s'exerce ordinairement d'une manière intermittente. Tôt ou tard le calme se rétablit et le champ terrestre reprend son potentiel antérieur. Sous l'effet de causes problématiques (définies plus haut) les aimants décèlent, presque à chaque heure de la journée, des variations assez régulières qu'enregistre le magnétographe. Nous examinerons les résultats diurnes que donnent simultanément le déclinomètre et le bifilaire durant les deux saisons fraîche et chaude; puis à ces recherches, nous ajouterons les résultats de mars, période exceptionnellement agitée.

En saison fraîche l'aimant du déclinomètre atteint son maximum à 10 heures, celui du bifilaire à 11 heures, ce qui correspond à 4 et 5 heures après le lever du soleil. En saison chaude le déclinomètre arrive plus tôt au terme maximum, vers 9 heures; celui du bifilaire reste invariable, 11 heures. En conséquence le premier instrument parvient à son plus haut point 4 heures après le lever du soleil, le second instrument 6 heures après.

Le minimum du déclinomètre, durant l'hiver, se produit à 15 heures; celui du bifilaire à 17 heures. L'intervalle de temps qui sépare le maximum et le minimum du premier instrument égalerait 5 heures, celui du second 6 heures. En été le déclinomètre descend à son minimum dès 14 heures, une heure plus tôt qu'en saison fraîche; celui du bifilaire à 18, 19 et

20 heures; donc 4 heures après la boussole de déclinaison. La durée des deux extrêmes serait de 8 heures pour le premier instrument, de 7 heures pour le second. Par rapport au coucher du soleil le minimum du déclinomètre aurait lieu 2 h. 30 avant la disparition de l'astre, celui du bifilaire 30 minutes avant son déclin.

Pendant l'hiver le déclinomètre passe à la moyenne diurne à 5, 13, 15 et 21 heures; le bifilaire à 3, 4, 5 et 14 heures. Pendant l'été le premier instrument se trouve sur cette direction à 2 heures et 11 h. 45; le deuxième instrument à 6 heures et 15 h. 30.

Au mois de mars le barreau aimanté du déclinomètre monte à son maximum dès 9 heures, celui du bifilaire à 12 heures; donc plus tard que d'ordinaire.

Le minimum de la boussole a lieu vers 14 heures, comme pendant la saison chaude, celui du deuxième appareil à 0 heure et 2 heures. Le barreau de la déclinaison occupe la moyenne diurne à 3 et 4 heures, puis à 11 h. 45, celui de l'intensité à 6 et 7 heures, puis à 16, 17 et 18 heures.

Coïncidence remarquable : pendant dix-huit ans, nous avons obtenu en mars des photogrammes irréguliers; en juillet au contraire des tracés réguliers; la valeur moyenne de la déclinaison pendant ce dernier mois coïncide avec la valeur moyenne annuelle. Ces deux remarques démontrent que, sous les tropiques, mars fournit aux magnéticiens des résultats anormaux et changeants, juillet au contraire des résultats exacts et fixes.

Les études comparatives mensuelles et annuelles que nous avons entreprises entre Tananarive, Maurice, Manille et Paris, permettent d'établir une vue d'ensemble des mouvements que décrivent, sur le globe, les déclinomètre et bifilaire, soit à Tananarive, soit à l'équateur magnétique, soit à Paris. Ces deux instruments présentent l'état suivant.

Déclinomètre. — On pourrait assimiler l'isogone qui passe à un immense levier du premier genre, ayant vaguement la forme du chiffre 4, dont les angles de la branche horizontale seraient arrondis. L'extrémité du bras supérieur traversant la capitale aboutit d'une part au pôle magnétique Nord, descend d'autre part dans l'intérieur de l'Afrique; cette ligne dévie ensuite du Nord-Ouest au Sud-Est, forme sur une droite penchée une sorte

d'application parallèle à l'équateur magnétique, quitte le continent africain entre Mozambique et Lourenco-Marquès; de là son bras inférieur traversant le Sud de Madagascar, gagnerait obliquement le pôle magnétique austral. L'isogone de Tananarive plus faible d'environ 5° suit une direction parallèle vers la droite, l'observateur situé dans l'hémisphère austral et tourné du côté de l'équateur. A défaut d'explication complète du magnétisme terrestre, du moins l'examen des isogones Paris-Tananarive fournit un rapprochement logique entre le mode d'application des forces magnétiques, le levier et plusieurs de ses propriétés; il fait comprendre pourquoi les deux extrémités des bras atteignent le maximum d'amplitude aux deux pôles, tandis qu'à l'équateur et son voisinage immédiat, l'amplitude devient presque nulle. Cette interprétation explique pourquoi la sensibilité d'un pareil système, considéré dans ses points intermédiaires, dépend de la distance à l'équateur magnétique, pourquoi enfin la variation diurne prend une direction contraire dans les deux hémisphères, comme les deux bras d'une balance oscillent en sens inverse l'un de l'autre.

Bifilaire. — Suivant la théorie d'Ampère, le barreau du bifilaire et l'isodynamique se meuvent perpendiculairement à un courant électro-magnétique dirigé du pôle Sud vers l'équateur. La valeur absolue de la composante horizontale et de l'isodynamique augmente suivant cette dernière direction.

Ainsi, en 1902, elle était à Tananarive de 0,23160 unités C. G. S.; en 1918, elle descendait à 0,22260. En conséquence dans nos régions et à l'époque actuelle, ce flux de force remonte du pôle austral vers l'équateur avec une vitesse approximative de 23 kilomètres par an, avec une perte d'énergie d'environ 0,00056 unités C. G. S.

Indépendamment des courants magnétiques terrestres qui influencent le déclinomètre et le bifilaire, chaque station possède en propre un potentiel dépendant de l'altitude et des courants électriques circulant dans les régions supérieures de l'atmosphère; à Madagascar en particulier le sous-sol présente des couches géologiques, des roches magnétiques plus ou moins conductrices des courants, parfois diamagnétiques, refoulant

en sens inverse les lignes de force. Ces accidents tantôt attractifs, tantôt répulsifs, rendent nécessairement variables et le champ local et les heures des maxima et minima; ils causent aussi des changements annuels irréguliers dans les trois éléments magnétiques.

Il en est tout autrement aux jours de grande perturbation cosmique. Selon toute probabilité ce groupe de forces locales s'efface, disparaît sous la puissante manifestation solaire ou les décharges intenses des aurores polaires, et alors, les oscillations de l'aiguille aimantée, tout en restant interverties sous nos latitudes et celles d'Europe, deviennent simultanées sur le globe entier; leur synchronisme atteint même la seconde. Toutefois, étant donnée la marche diurne incertaine des enregistreurs actuels, il n'est guère possible d'assurer ni de contrôler pareille précision.

Après avoir coordonné et discuté dans une synthèse générale les résultats anormaux, les mesures régulières, les variations diurnes annuelles des boussoles, les perturbations d'origine géophysique et cosmique, de nouvelles forces antagonistes rencontrées à Madagascar, nous terminerons ce travail par un dernier vœu, un dernier regard jeté sur quelques problèmes restés jusqu'ici insolubles.

Puisse cette étude, malgré les lacunes, avoir contribué à élargir le champ de nos connaissances dans les régions tropicales, avoir fourni à la science quelques données nouvelles, utiles et fécondes! Puisse-t-elle susciter de fructueuses recherches pour l'avenir!

Nos successeurs parviendront-ils à fixer exactement la perte ou le gain du potentiel terrestre, à préciser la nature, la vitesse de transmission des effluves magnétiques du soleil à la terre, à découvrir toute la série des éléments perturbateurs, à délimiter la part proportionnelle de chacun d'entre eux, à les traduire en formules de corrections, à lever enfin les derniers voiles qui dérobent aux regards la cause de ce fluide mystérieux : le magnétisme terrestre? Il est permis d'en douter, car, trop de phénomènes cosmiques, terrestres et atmosphériques échappent à nos sens imparfaits.

Élie Colin.

Tananarive, le 6 juin 1921.

TABLE DES MATIÈRES

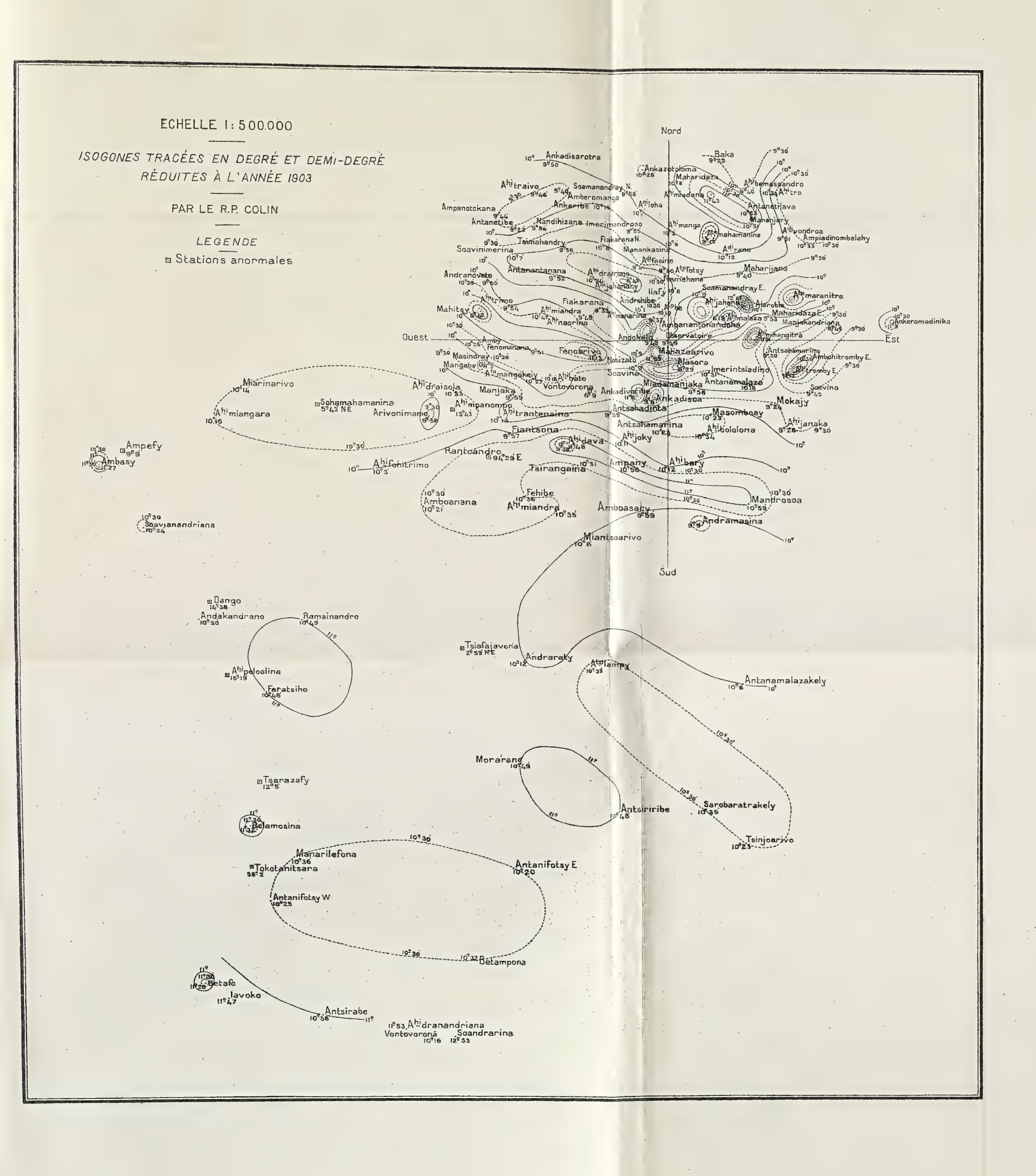
TROISIÈME PARTIE

Observations magnétiques à Tananarive.

:RINA N
QUES

CARTE MAGNÉTIQUE DE L'IMERINA NORD ET SUD

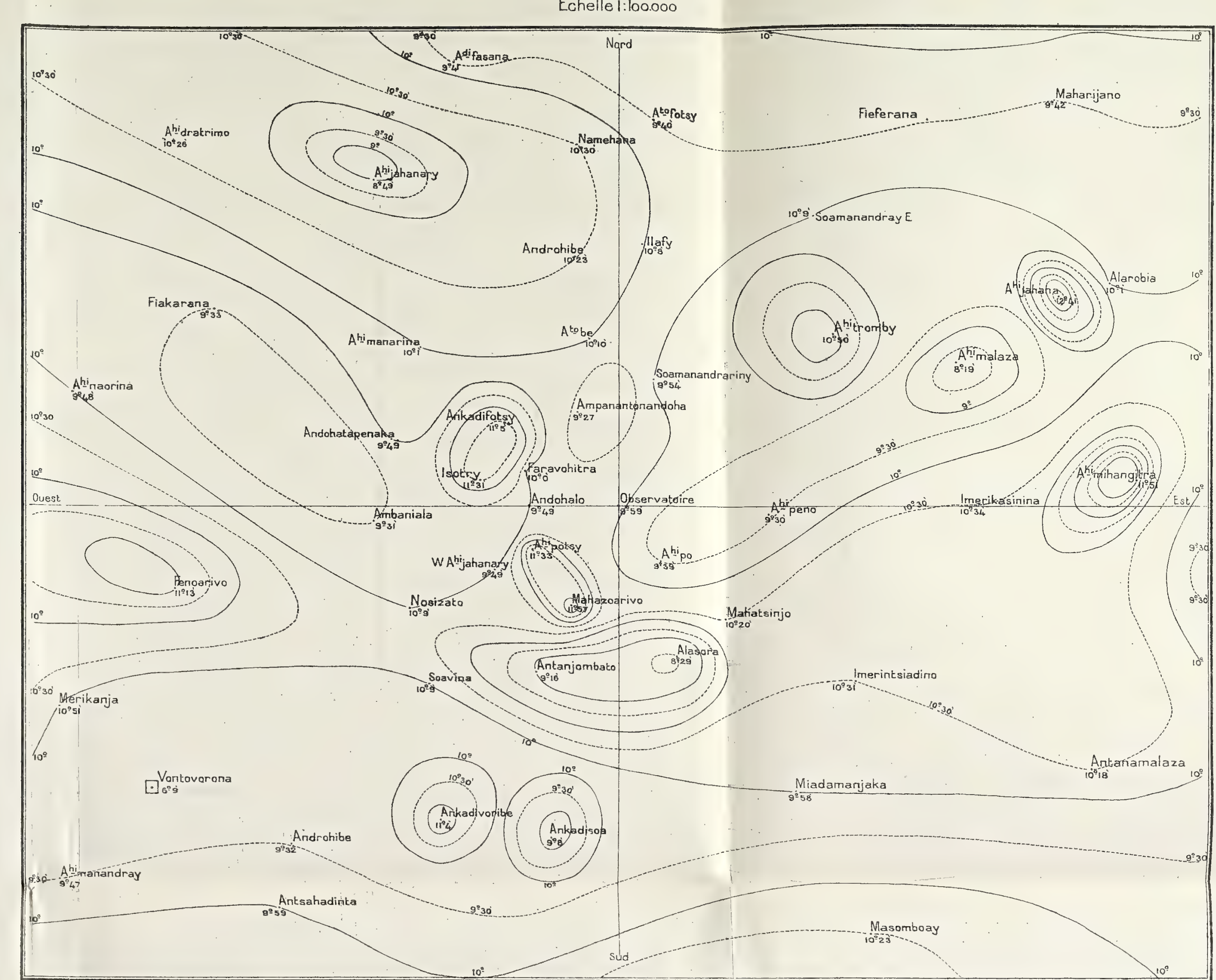
COURBES ISOGONIQUES



ENVIRONS DE TANANARIVE

ISOGONES RÉDUITES A 1903

Echelle 1:100.000

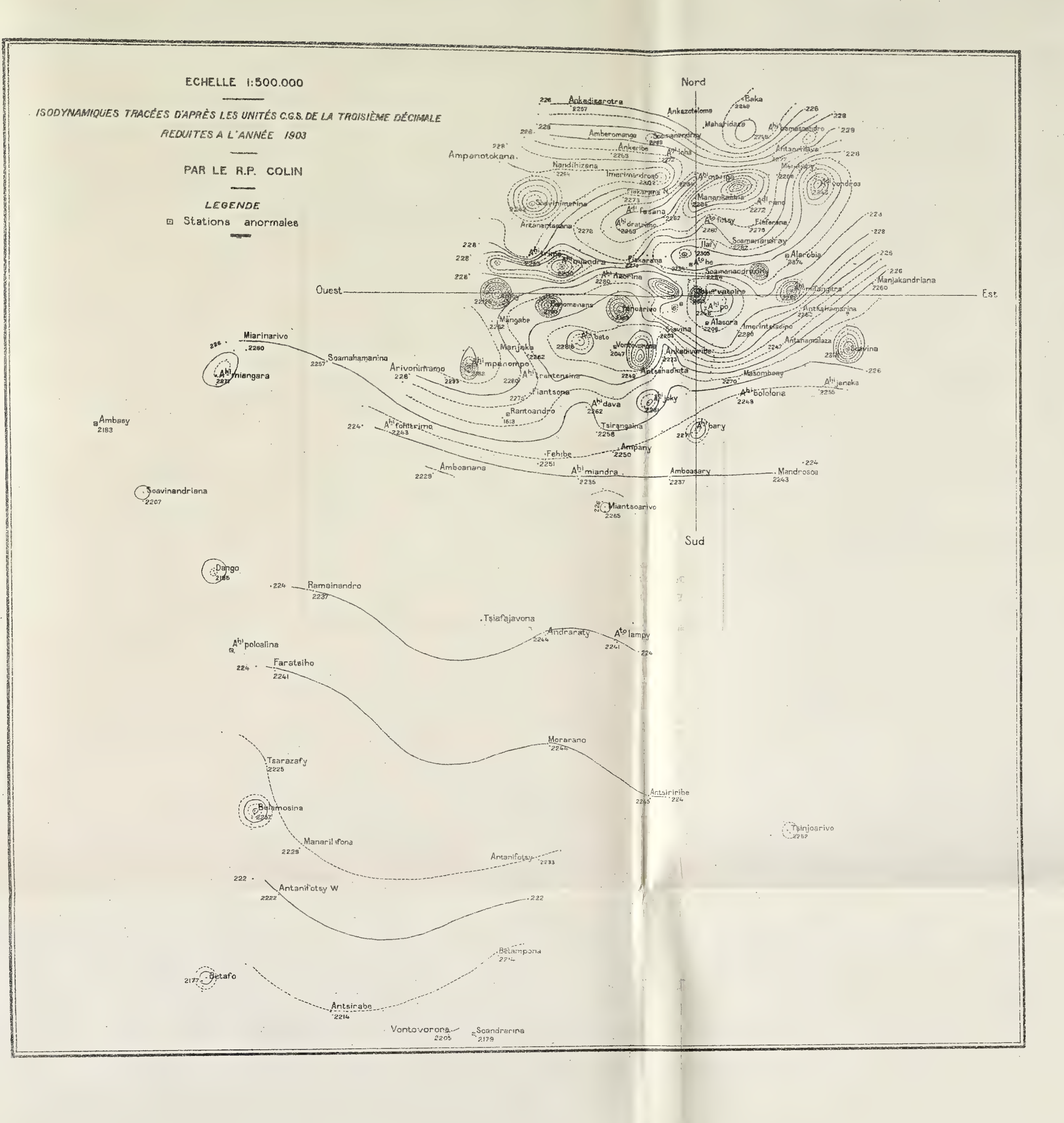


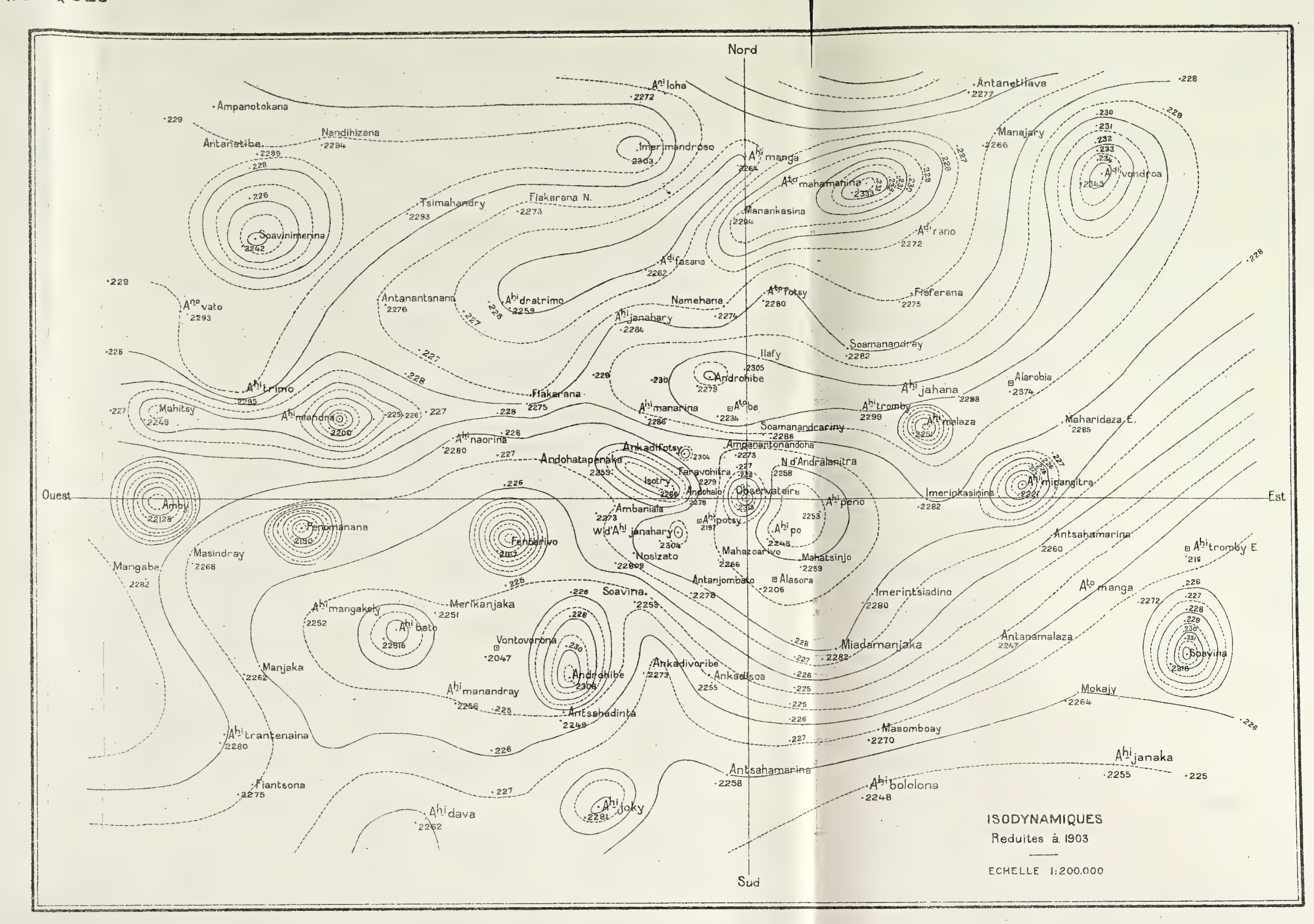


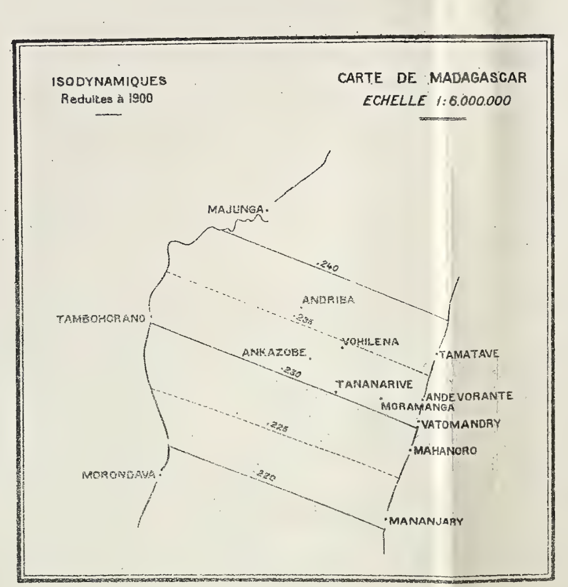
ERINA NC
IQUES

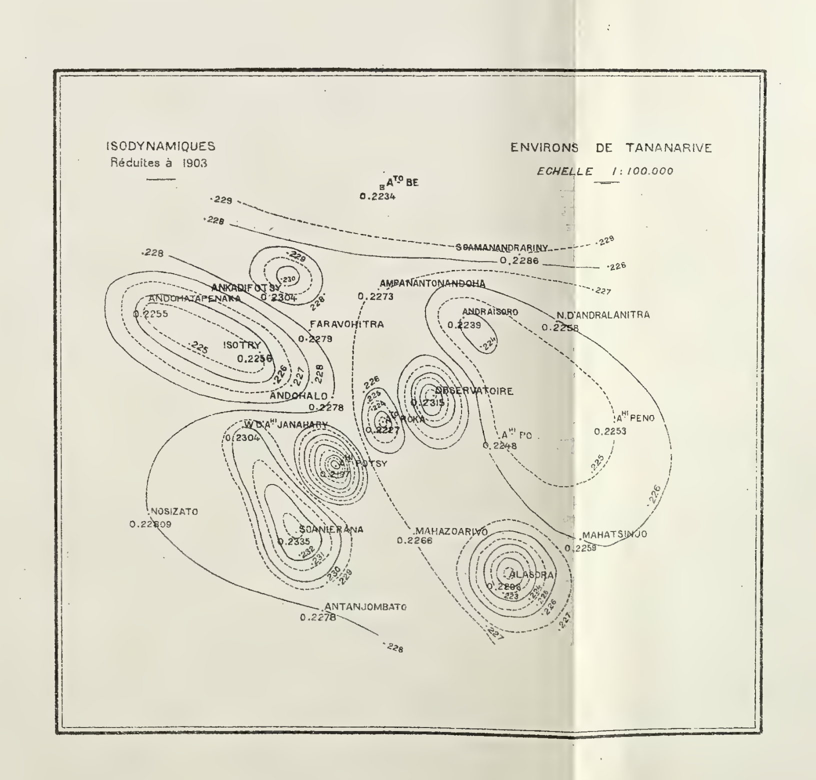
CARTE MAGNETIQUE DE L'IMERINA NORD ET SUD

COURBES ISODYNAMIQUES









CARTE MAGNÉTIQUE DE L'IMERINA NORD ET SUD

COURBES ISOCLINES

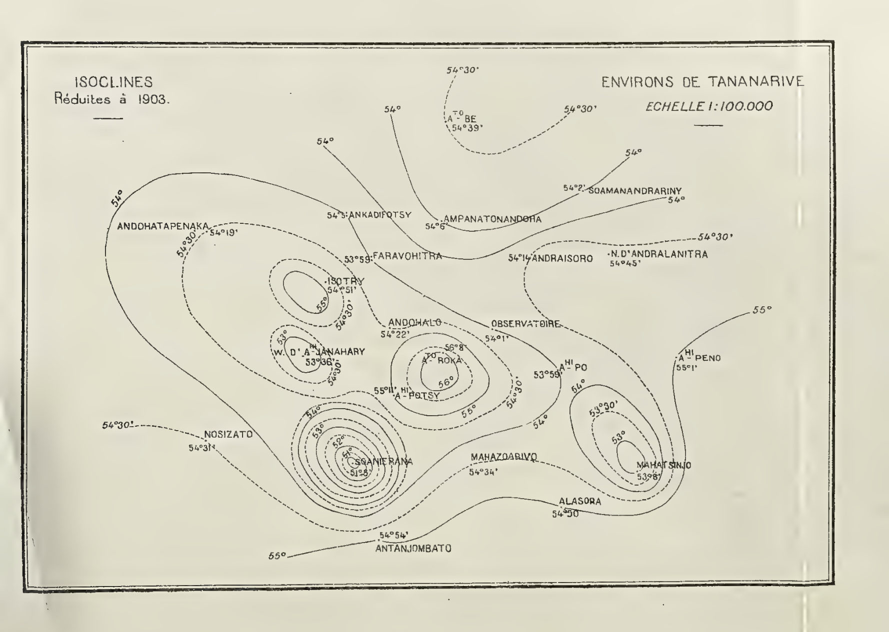
ECHELLE 1:500.000

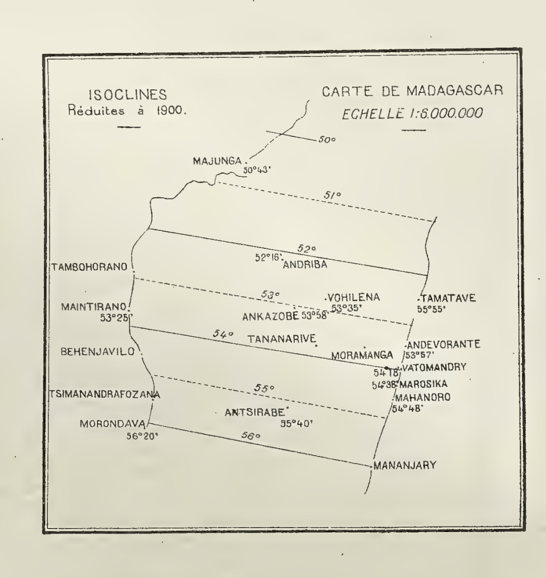
ISOCLINES TRACÉES EN DEGRÉ ET DEMI-DEGRÉ
RÉDUITES A L'ANNÉE 1903

PAR LE R.P. COLIN

LÉGENDE

▫ Stations anormales





BRODARD & TAUPIN
COULOMMIERS-PARIS
15371-7-32.